

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**

**GILBERTO DA SILVEIRA BARROS NETO**

**DOIS ENSAIOS SOBRE A ACUMULAÇÃO DE CAPITAL FÍSICO NO BRASIL**

**CURITIBA  
2012**

GILBERTO DA SILVEIRA BARROS NETO

DOIS ENSAIOS SOBRE A ACUMULAÇÃO DE CAPITAL FÍSICO NO BRASIL

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Desenvolvimento Econômico, Departamento de Economia, Setor de Ciência Sociais Aplicadas, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Economia.

Orientador: Prof. Luciano Nakabashi  
Co-orientador: Prof. Armando Sampaio

CURITIBA  
2012

Barros Neto, Gilberto da Silveira

Dois ensaios sobre a acumulação de capital físico no Brasil / Gilberto da Silveira Barros Neto. – 2012.

89 f.

Orientador: Luciano Nakabashi.

Co-orientador: Armando Sampaio.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Sociais Aplicadas, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Econômico. Defesa: Curitiba, 2012.

1. Capital (Economia). 2. Poupança e investimento. 3. Renda per capita - Brasil. I. Nakabashi, Luciano. II. Sampaio, Armando Vaz. III. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Sociais Aplicadas. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Econômico. IV. Título.

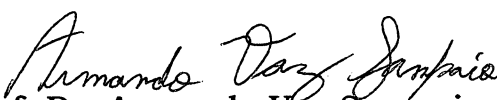
CDD 332.041

## TERMO DE APROVAÇÃO


Gilberto da Silveira Barros Neto


“Dois ensaios sobre acumulação de capital físico no Brasil”

DISSERTAÇÃO APROVADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE NO PROGRAMA DE PÓS-  
GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO PARANÁ, PELA SEGUINTE BANCA EXAMINADORA:

  
Prof. Dr. Armando Vaz Sampaio  
(Presidente/UFPR)

  
1/ Prof. Dr. Luciano Nakabashi  
(Orientador/UFPR)

  
Prof. Dr. Sabino da Silva Porto Junior  
(Examinador/UFRGS)

  
Prof. Dr. Fernando Motta Correia  
(Examinador/UFPR)

16 de março de 2012

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, toda honra e glória.

À minha família: meus pais, Gilberto e Nádia, meu irmão, Luiz Henrique, por todo amor e apoio em todos os momentos da minha vida.

Ao meu professor e orientador, Luciano Nakabashi, pelas aulas ministradas, organização das confraternizações de alunos e professores do PPGDE e, mais importante, pelos conhecimentos repassados, críticas e sugestões durante toda a orientação, que elevaram a qualidade da dissertação. Também ao co-orientador, Armando Sampaio, pela disponibilidade;

Aos professores do PPGDE Gabriel Porcile, Fernando Motta, Flávio Gonçalves e Adriana Sbicca. Em especial ao professor e coordenador do programa de pós-graduação Maurício Bittencourt: seu esforço para elevar a qualidade do programa deve ser reconhecido.

À secretária da pós-graduação, Ivone Polo, que sempre se mostrou disponível às demandas dos alunos, às vezes de última hora. Também aos funcionários da UFPR que contribuíram direta ou indiretamente na minha formação;

Aos amigos Cleiton e Cadu por me ensinarem um pouco da “inclusão”. Também aos amigos da pós-graduação: nobre Amauri, Baiano, Ana Kern, Gaúcho, Beatrice, Rafael, Ana Elisa, Ariene, Helena, Pedro, Tiago, Karlo, Virginia e Antônio;

À Capes, pelo auxílio financeiro.

## RESUMO

A literatura internacional aponta para uma relativa disparidade na razão capital-trabalho entre países. Por outro lado, não existem grandes fluxos de capitais no mercado internacional que apontem a possibilidade de uma equalização do capital por trabalhador entre os países no futuro próximo. Tal evidência também é encontrada no Brasil: observa-se grande desigualdade do capital por trabalhador entre as regiões, estados e municípios. Uma hipótese é que existem fatores complementares ao capital físico que influenciam a produtividade do mesmo. O capítulo 1 parte de uma função de produção que inclui (além do capital físico) os fatores complementares de capital humano e instituições, da qual deriva-se uma equação que determina o nível de capital físico municipal *per capita* como função dos parâmetros de capital humano *per capita*, qualidade institucional, participação do capital reprodutível na renda e da relação de preços entre bens finais e bens de capital. Desta equação é possível derivar a equação da taxa de variação do estoque de capital *per capita* que, além das variáveis já destacadas, também é função (negativa) do estoque de capital *per capita* inicial. Tais equações são testadas para os municípios brasileiros em várias especificações, controlando a endogeneidade pelo método de mínimos quadrados em dois estágios. Os resultados apontam para a relevância dos fatores complementares de capital humano e qualidade institucional. Os impactos são variados nas regiões geopolíticas e também na divisão por grupo populacional. De forma complementar, no capítulo 2, são calculados os produtos marginais do capital (PMK) nos estados brasileiros através da razão capital-produto estadual. São calculadas estimativas do PMK alternativas, que levam em conta a proporção do capital reprodutível no capital total. Em ambos os casos, as evidências apontam para uma relação levemente positiva entre produtividade marginal do capital e produto *per capita* – não há incentivos para o capital privado migrar dos estados ricos para os estados pobres.

## ABSTRACT

The international literature indicates the existence of a relative inequality, between countries, in the capital-labor ratio. This evidence is accompanied by another, that there are no large capital flows that indicate the possibility of a equalization of the capital-labor ratio between countries in the near future. The same thing happens in Brazil: one can observe great inequality of capital-labor ratio between regions, states and municipalities. One hypothesis is that are complementary factors to physical capital which can influence its marginal productivity. In chapter 1 the model starts with a production function which includes (besides physical capital) the complementary factors of human capital and institutional quality, from which its possible to derive an equation that determines the level of the *per capita* physical capital that is a function of the *per capita* human capital, the quality of institutions, the share of reproducible capital (in income) and of the price ratio between final goods and capital goods. From this equation follows another, that is, of the rate of growth of the *per capita* physical capital. The last equation also depends of the inicial level of *per capita* physical capital. These two equations are tested agaisnt the data of brazilian municipalities, with diferent specifications, controlling for endogeneity through the method of two-stage least squares. The results shows the importance of human capital and the quality of institutions for the level and accumulation of physical capital. The impacts vary across regions and across populations groups. To complement this study, another is done (chapter 2) estimating the marginal product of capital (MPK) of the brazilian states using the state's capital-product ratio. Alternative estimates of the state's PMK are also calculated taking into account the share of reproducible capital (in income). In both cases, there is a positive relation between marginal productivity of capital and state's GPD *per capita* – there are no incentives for private capital to migrate from rich to poor states.

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 – DETERMINANTES DO CAPITAL FÍSICO: O PAPEL DO CAPITAL HUMANO E DA QUALIDADE INSTITUCIONAL .....</b>	<b>7</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>7</b>
<b>2 DETERMINANTES DO CAPITAL FÍSICO .....</b>	<b>10</b>
<b>3 MODELO .....</b>	<b>23</b>
3.1 EQUILÍBRIO .....	23
3.2 DINÂMICA .....	27
<b>4 METODOLOGIA E DADOS .....</b>	<b>29</b>
<b>5 RESULTADOS .....</b>	<b>37</b>
5.1 NÍVEL .....	37
5.2 DINÂMICA .....	49
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>59</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>61</b>
<b>CAPÍTULO 2 – PRODUTIVIDADE MARGINAL DO CAPITAL FÍSICO NOS ESTADOS BRASILEIROS .....</b>	<b>64</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>64</b>
<b>2 O PRODUTO MARGINAL DO CAPITAL .....</b>	<b>66</b>
<b>3 CALCULANDO PMK .....</b>	<b>71</b>
3.1 AMOSTRA INTERNACIONAL .....	71
3.2 ESTADOS BRASILEIROS .....	77
<b>4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>84</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>86</b>
<b>APÊNDICE .....</b>	<b>88</b>



## CAPÍTULO 1 – DETERMINANTES DO CAPITAL FÍSICO: O PAPEL DO CAPITAL HUMANO E DA QUALIDADE INSTITUCIONAL

### 1 INTRODUÇÃO

Os dados internacionais apontam para uma grave fricção no fluxo internacional de capitais. No modelo de Solow (1956) o capital tende a migrar para onde é mais escasso –que implica alto produto marginal do capital (PMK) – até que as produtividades relativas sejam equilibradas. Este resultado não é verificado na prática, ao menos na magnitude esperada. No Brasil, a realidade é similar: existe grande desigualdade no estoque de capital *per capita* entre os municípios brasileiros. A escassez de capital indicaria que a produtividade marginal do capital,<sup>1</sup> em vários desses municípios, é suficientemente alta, gerando incentivos para realocação dos novos investimentos em municípios com carência do fator (e alto PMK) em detrimento daqueles onde o capital é abundante. A questão, então, é: por que persiste a desigualdade no estoque de capital entre os municípios? Por que as taxas de investimento não refletem a disparidade da produtividade marginal do capital implícita pela função de produção neoclássica com dois fatores?

Muitos trabalhos da teoria do investimento enfatizam que os determinantes principais em uma função de acumulação de capital são os seguintes: (i) efeito acelerador; (ii) preços dos fatores (o mais importante sendo o custo do capital); (iii) condições macroeconômicas.<sup>2</sup> Em geral, o efeito acelerador é utilizado em análises de curto prazo: o investimento ao longo de um ano, por exemplo, é causado pelo crescimento (exógeno) do produto.<sup>3</sup> Em uma análise de longo prazo, seria mais interessante buscar na teoria de crescimento econômico os fundamentos do crescimento de longo prazo: a ênfase deve passar da análise macroeconômica

---

<sup>1</sup> Na seção de metodologia serão detalhados os dados, inclusive a *proxy* utilizada como estoque de

<sup>2</sup> A formalização da teoria de investimento, a partir de uma função de produção neoclássica, se deve a Jorgenson (1963). Ver também Hall e Jorgenson (1967). Jorgenson (1971) faz uma revisão da literatura empírica, que de modo geral destaca o papel do acelerador e do custo de capital. De Melo e Rodrigues Júnior (1998), Alves e Luporini (2007) e Sonaglio, Braga e Campos (2010) são alguns dos trabalhos empíricos (para o Brasil) que também colocam o acelerador e o custo de capital como as variáveis principais.

<sup>3</sup> A variação do produto é muito utilizada como *proxy* da expectativa de ganhos do capital investido.

conjuntural para o estudo das dotações de fatores, tecnologia e qualidade institucional.

Não existem estudos que busquem explicar a desigualdade no estoque (e na acumulação de capital físico nos municípios brasileiros, principalmente à partir das dotações de capital humano e da qualidade das instituições. Recorrer ao crescimento econômico como causa da acumulação de capital dos municípios é um raciocínio circular: os municípios que mais acumulam capital são aqueles que mais crescem, evidentemente. Mas por que eles crescem?

Portanto, o objetivo do presente estudo é determinar quais os impactos das dotações de capital humano *per capita* e da qualidade institucional sobre o estoque e a taxa variação do capital físico *per capita* dos municípios brasileiros. O período analisado se estende de 1980 até 2000 – incluindo três anos censitários.<sup>4</sup> Desenvolve-se um modelo teórico com base numa função de produção Cobb-Douglass aumentada – que inclui os componentes de capital humano e qualidade institucional – chegando a duas equações básicas: a quantidade de equilíbrio do estoque de capital *per capita* e a taxa de variação do estoque de capital *per capita*. As duas equações são estimadas, primeiramente, através de um painel de dados empilhado, com efeitos fixos, pelo método dos mínimos quadrados ordinários (MQO). A simultaneidade teórica entre capital físico, capital humano e qualidade institucional requer que as equações de nível e acumulação de capital sejam estimadas por um método que controle a endogeneidade presente. Utilizando variáveis geográficas de latitude, temperatura, precipitação pluviométrica e altitude como instrumentos, o método dos mínimos quadrados em dois estágios (MQ2E) oferece um meio de estimar os coeficientes dos regressores de forma consistente. A geografia teria influenciado a formação das dotações iniciais; o que explica a forte correlação entre os instrumentos e as variáveis endógenas (capital humano e qualidade institucional).

As conclusões básicas estão de acordo com a hipótese das dotações de Lucas (1990). O capital humano e a qualidade institucional afetam tanto o nível de capital físico *per capita* quanto sua acumulação. Os impactos variam entre as regiões geopolíticas do país; e também entre grupos populacionais– o efeito do capital humano tende a apresentar valor máximo entre os municípios de população

---

<sup>4</sup> 1980, 1991 e 2000.

mediana e a qualidade institucional é mais forte entre os municípios mais populosos. A *proxy* de capital reprodutível é significativa em quase todas as especificações; o índice de desigualdade somente em alguns casos. A instrumentalização por variáveis geográficas aumenta bastante o impacto institucional sobre as variáveis dependentes.

O trabalho se divide da seguinte forma. A próxima seção busca uma revisão das teorias de capital humano e instituições que são fundamentais para o crescimento econômico e, argumenta-se, também para o capital físico. Posteriormente, a seção 3 desenvolve um modelo teórico que gera duas equações: a primeira, do nível de capital físico *per capita*, dependente do nível de capital humano e da qualidade institucional municipal; além da participação dos preços relativos<sup>5</sup> e da participação do próprio capital reprodutível na renda.<sup>6</sup> A segunda define a taxa de acumulação do capital físico *per capita* – cujos determinantes são iguais aos da primeira equação, com a adição do capital físico *per capita* inicial. A seção 4 apresenta os dados disponíveis, a estratégia para contornar a ausência de alguns dados e o método de estimação utilizado. A seção 5 apresenta os resultados, nos dois métodos (MQO e MQ2E); também são apresentados os impactos das variáveis de interesse por grupos populacionais e por regiões geopolíticas. A última seção conclui.

---

<sup>5</sup> Razão entre dois índices de preços: de bens finais e de bens de capital.

<sup>6</sup> Máquinas, equipamentos, estruturas, etc.

## 2 DETERMINANTES DO CAPITAL FÍSICO

Há algum tempo que a acumulação de capital físico perdeu o papel central nas teorias de crescimento e desenvolvimento econômico. As contabilidades de crescimento de Solow (1957) e Easterly e Levine (2001) confirmam o papel central desempenhado pela produtividade total dos fatores (PTF). Hall e Jones (1999), utilizando contabilidade em nível, encontraram uma diferença, de produto *per capita*, entre os cinco países mais ricos e os cinco mais pobres, da ordem de 32; decomposta em intensidade de capital (1,8), capital humano (2,2) e PTF (8,3). Segundo Gomes *et al.* (2007), a PTF também foi o fator mais importante do crescimento brasileiro do período 1950-2000.

No entanto, não se deve subestimar a importância da acumulação do capital físico no processo de desenvolvimento. Este fator se fez muito importante em alguns pontos no tempo e no espaço. A parcela de contribuição do capital físico no crescimento do Brasil, segundo Easterly e Levine (2001), foi de 51% entre 1940 e 1980<sup>7</sup> - padrão semelhante é encontrado em alguns países da América Latina e leste da Ásia.<sup>8</sup> A conclusão de que o capital físico foi o motor do crescimento da economia brasileira não foi confirmada pelo exercício de contabilidade de Gomes *et al.* (2003). Utilizando método alternativo, encontraram evidências de que a PTF foi responsável por 48% do crescimento do produto por trabalhador no período 1950-2000 (a intensidade de capital respondeu por 21%). O subperíodo 1976-1992, no entanto, apresentou uma importante etapa de aprofundamento de capital que serviu como atenuante na tendência de queda no produto por trabalhador causada pela evolução adversa da PTF.

Em Hall e Jones (1999) e Gomes *et al.* (2003), a intensidade do capital é dada pela razão capital-produto; diferentemente de Solow (1957) e Easterly e Levine (2001), que utilizam a razão capital-trabalho e o nível de capital, respectivamente.

---

<sup>7</sup> Quando o produto cresceu 6,4% a.a. Easterly e Levine fazem a decomposição do produto em capital, trabalho e PTF.

<sup>8</sup> A tabela 1 de Easterly e Levine (2001) mostra contabilidades de crescimento de alguns países selecionados. Da América Latina aparecem Argentina, Brasil, Chile, México e Venezuela. Do leste da Ásia: Hong Kong, Singapura, Coreia do Sul e Taiwan. Ding e Knight (2001) atribuem o crescimento elevado da China após o início das reformas econômicas da década de 1970 à acumulação de fatores (capital físico, capital humano) e as próprias mudanças institucionais vindas com as reformas. Não fazem, no entanto, contabilidade de crescimento. As regressões tentam controlar a endogeneidade.

Sem a divisão do capital pelo produto, a contabilidade atribui uma parcela exagerada do crescimento ao capital físico, pelo fato das alterações no valor do capital humano e progresso técnico levarem a mudanças na relação capital-trabalho e produto por trabalhador. O exercício de contabilidade pode atribuir efeitos sobre o crescimento à acumulação de capital (já que o capital por trabalhador pode estar se alterando) que pertencem à outros fatores.

Os exercícios de contabilidade acima descritos, ao tentar isolar os efeitos genuínos do aprofundamento de capital, chamam atenção para as interações existentes entre capital físico, capital humano e PTF. Variações nos dois últimos fatores alteram o valor estacionário do capital por trabalhador. Este, tem seu retorno elevado pela maior intensidade dos fatores complementares, quando é iniciada uma etapa de transição para um outro estado estacionário (com elevada razão capital-trabalho) que cessa somente quando a produtividade marginal do capital se iguala, novamente, ao seu custo marginal.

Uma forma simples, mas eficaz, de mostrar a complementariedade referida acima é através da apresentação de um modelo formal. Costuma-se partir de uma função que mostre a relação entre fatores de produção e produto final. O modelo de crescimento de Solow (1956) parte de uma função de produção  $Y = F(K, L)$  com retornos decrescentes nos fatores e somente dois insumos: capital e trabalho. Mankiw *et al.* (1992) adicionaram o capital humano, numa função de produção Cobb-Douglass, semelhante a expressão abaixo:<sup>9</sup>

$$Y = \lambda K^\alpha H^\beta (AL)^{1-\alpha-\beta} \quad [1]$$

$$y = \lambda k^\alpha h^\beta A^{1-\alpha-\beta} \quad [2]$$

Onde  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $1 - \alpha - \beta$  são as participações do capital físico ( $K$ ), capital humano ( $H$ ) e trabalho eficiente ( $AL$ ), na renda da economia, respectivamente.  $\lambda$  é um parâmetro multiplicativo que deve ser entendido como a qualidade institucional: quanto mais alto o valor desse parâmetro, melhores as instituições, i.e., mais bem

---

<sup>9</sup> A eq. [1] difere da função de produção de Mankiw *et al* (1992) pela inclusão do parâmetro  $\lambda$ . O motivo da inclusão desse parâmetro ficara claro em seguida.

definidos os direitos de propriedade, *law enforcement*, etc.<sup>10</sup> A eq. [2] é a contrapartida da eq. [1] em termos *per capita*.

Nas eq. [1]-[2] o capital humano tem impacto direto sobre o produto (é mais um fator de produção). As economias com maior intensidade deste fator produzem mais, do mesmo modo que maior razão capital-trabalho resulta em maior produção. O parâmetro institucional desloca a função de produção de forma positiva ou negativa, a depender do ambiente econômico: segundo Hall e Jones (1999), economias com oficiais governamentais corruptos, impedimentos ao comércio, fraco cumprimento da lei e interferências do governo na produção dificilmente alcançam os níveis de produção das economias mais desenvolvidas.

A inclusão do parâmetro  $\lambda$  segue uma evolução da literatura: A função de produção da contabilidade de crescimento de Solow (1957) é  $Y = A(t)f(K, L)$ . O componente  $A(t)$  acaba por capturar todos os efeitos de variáveis omitidas que afetam a produtividade. Ao inserir a função de produção do tipo  $Y = f(K, H, AL)$ , Mankiw *et al.* (1992) simplesmente retiram do resíduo os efeitos do capital humano. Seguindo a lógica, a inclusão do parâmetro  $\lambda$  busca, semelhantemente, retirar o componente institucional do resíduo restante. Ademais, a inclusão da PTF como aumentadora de trabalho ou neutra é indiferente, se a função de produção é Cobb-Douglass (BARRO E SALA-I MARTIN, 2004).

A eq. [3] abaixo mostra a quantidade de equilíbrio do estoque de capital, quando o modelo da eq. [2] é resolvido para o estado estacionário e, em seguida, isolando a variável do capital físico *per capita*.<sup>11</sup>

$$k^* = A^{[(1-\alpha-\beta)/(1-\alpha)]} \left[ \frac{s_k}{(n+g+\delta)} \right]^{1/(1-\alpha)} \lambda^{1/(1-\alpha)} h^{[\beta/(1-\alpha)]} \quad [3]$$

$k^*$  é o capital *per capita* no estado estacionário.<sup>12</sup> A eq. [3] mostra que o estoque de capital físico *per capita* de equilíbrio é uma função monotônica da produtividade ( $A$ ),

<sup>10</sup> Mais adiante, ainda na revisão teórica, a literatura institucional será debatida com definições mais precisas.

<sup>11</sup> Os termos *per capita* e por trabalhador serão utilizados como sinônimos nesta revisão teórica.

<sup>12</sup> O resultado da eq. [3] pode ser encontrado através da transformação para o formato do produto por trabalhador eficiente,  $\tilde{y} = \tilde{k}^\alpha \tilde{h}^{1-\alpha}$ , onde  $\tilde{y} = Y/AL$ ,  $\tilde{k} = K/AL$  e  $\tilde{h} = H/AL$ . À partir da função de acumulação de capital  $\dot{K} = sY - \delta K$ , assumindo o estado estacionário ( $\dot{\tilde{k}}/\tilde{k} = 0$ ), pode-se chegar à eq. [3]. Mankiw *et al.* (1992) partem de uma equação de acumulação de capital humano similar ao do capital físico. Quando as duas equações estão no estado estacionário, o capital de equilíbrio fica em

do capital humano por trabalhador ( $h$ ) e da qualidade institucional ( $\lambda$ ). Talvez a relação seja melhor observada na perspectiva do retorno do capital. Derivando o PMK da eq. [2], tem-se:

$$PMK = \alpha \lambda k^{\alpha-1} h^{\beta} A^{1-\alpha-\beta} \quad [4]$$

A eq. [4] está de acordo com a ênfase de Lucas (1990) sobre a complementariedade dos fatores. É necessário, para se atingir diferentes níveis de capital físico, de variações nas dotações de  $A$  e  $h$ .

O prêmio nobel de 1995 procura explicar a aparente contradição entre o que seria um alto retorno do fator capital em países subdesenvolvidos (implícito pela escassez de capital), e o tímido fluxo de capitais observado na prática, em termos similares ao da eq. [4]. Voltando por um momento aos modelos de crescimento com dois fatores de produção, o produto por trabalhador é dado por:

$$y = Ak^{\alpha} \quad [5]$$

E o PMK:

$$PMK = \alpha A^{1/\alpha} k^{\alpha-1}$$

Isolando  $k$  na eq. [5]:  $k = (y/A)^{1/\alpha}$ . Substituindo no PMK, tem-se o produto marginal do capital em termos de produto *per capita*:

$$PMK = \alpha A^{1/\alpha} y^{(\alpha-1)/\alpha} \quad [6]$$

Assumindo  $\alpha$  e  $A$  constante entre os países, a razão entre os PMK's do país  $i$  e do país  $j$  pode ser escrita como:

$$\frac{PMK_i}{PMK_j} = \left( \frac{y_i}{y_j} \right)^{(\alpha-1)/\alpha} \quad [7]$$

Se o país  $j$  foi o mais rico, por exemplo, com renda *per capita* 10 vezes superior ao do país  $i$  e, adicionalmente,  $\alpha = 0,4$ ,<sup>13</sup> o produto marginal no capital do país  $i$  seria aproximadamente 31 vezes maior do que no país  $j$ . Uma diferença dessa magnitude é suficiente para compensar qualquer diferencial de risco entre os países. Supondo que as produtividades relativas sejam, de fato, dadas pela eq. [7], a evidência empírica deveria indicar um elevado fluxo de capitais, dada a desigualdade de renda *per capita* entre os países. Por exemplo, em 1988, a eq. [7] estima que o PMK da Índia é 58 vezes superior ao dos Estados Unidos – já que a diferença de produto *per capita* é igual a um fator de 15.<sup>14</sup>

Refazendo o exercício e levando em consideração a existência de capital humano, basta apenas interpretar o  $y$  nas equações [5]-[7] como produto por trabalhador eficiente. A diferença dos  $y$ 's relativos cai de um fator de 15 para 3; e a razão do PMK, de 58 para 5.<sup>15</sup> O fator de 5 ainda não anula os problemas do fluxo internacional de capital. Através da adição de externalidades do capital humano, isto é, fazendo com que a acumulação de capital humano gere *spillovers* que aumentem a produtividade do capital físico e do trabalho, Lucas (1990) assume que se possa igualar os PMK's, mantendo a desigualdade de renda *per capita*. As externalidades do capital humano já tinham sido introduzidas em Lucas (1988). O produto por trabalhador eficiente, portanto, pode ser escrito da seguinte forma:

$$\tilde{y} = A\tilde{k}^{\alpha}h^{\gamma} \quad [8]$$

Onde  $\tilde{y}$  é o produto por trabalhador eficiente;  $\tilde{k}$ , o capital por trabalhador eficiente;  $h$  o capital humano por trabalhador. Se o trabalhador eficiente for definido como sendo a quantidade de capital humano *per capita* multiplicada pela força de trabalho,  $hL$ , então o produto por trabalhador, derivado da eq. [8] é dado por  $y = A\tilde{k}^{\alpha}h^{1-\alpha+\gamma}$ . Para apresentar retornos crescentes, é necessário que a soma dos expoentes da expressão seja maior que 1, o que acontece se  $\gamma > 0$ .

<sup>13</sup> Ou seja, constante em todos os países.

<sup>14</sup> LUCAS (1990, p. 92).

<sup>15</sup> Lucas (1990) utiliza as estimativas de trabalhador eficiente (produto corrigido pelo capital humano) de Krueger (1968), que calcula a renda *per capita* relativa (de uma série de países) potencial, i.e., o valor do produto por trabalhador de cada país que seria obtido se as dotações de capital por trabalhador fossem iguais à dos EUA, diferenciando somente o nível de capital humano.



Portanto, a adição do capital humano em Lucas (1990) é dividida em duas partes: primeiramente, o capital humano entra como fator de produção (pela adição de  $h^{1-\alpha}$  na função de produção), reduzindo bastante as diferenças de produto por trabalhador eficiente e de produtividade marginal do capital. A adição das externalidades (pelo componente  $h^\gamma$ ) tem o potencial de equilibrar a razão dos PMK's nas análises *cross-country*. O último componente torna, adicionalmente o modelo de Lucas em um modelo de crescimento endógeno.<sup>16</sup>

Os modelos endógenos, a partir do final dos anos 1980, colocam ainda mais ênfase no capital humano – além dos fatores diretos já mencionados. Os impactos indiretos sobre o produto são inseridos através do efeito do capital humano sobre a PTF. É idéia comum aos modelos formais de Romer (1990), Grossman e Helpman (1991a, 1991b, 1991c) e Aghion e Howitt (1992) – segundo Jones (1995b) – a construção de uma função de produção de inovações que dependa do nível de capital humano dedicado à pesquisa. A função de produção e a taxa de crescimento da tecnologia podem ser formalizadas como nas eq. [9] e [10], respectivamente:

$$Y = K^\alpha (AL_y)^{1-\alpha} \quad [9]$$

$$\frac{\dot{A}}{A} = \delta L_A \quad [10]$$

Na eq. [10], o progresso tecnológico não é função do capital humano, e sim de uma parte da força de trabalho que não participa diretamente da produção de bens e é empregada na pesquisa e desenvolvimento de novas invenções. Não obstante, Jones (1995b) utiliza o nível de capital humano como *proxy* de  $L_A$  – a força de trabalho localizada em P&D deve ter alto nível de educação formal; o setor de pesquisa é dependente da quantidade de capital humano disponível.<sup>17,18</sup>

<sup>16</sup> É possível verificar o papel do capital humano na rentabilidade do capital físico. O produto marginal do capital, numa função de produção  $y = Ak^\alpha h^{1-\alpha+\gamma}$  é igual a  $\alpha Ak^\alpha h^{1-\alpha+\gamma}$ .

<sup>17</sup> Em todo caso, Romer (1994) mostra que este é apenas um método de tornar o avanço tecnológico endógeno. O que importa é a quantidade de recursos que são destinados ao esforço de pesquisa (dotações muito baixas de capital humano impedem que grandes quantidades de recursos sejam alocadas para a pesquisa, no entanto).

<sup>18</sup> Os modelos endógenos não passam sem críticas: Jones (1995a) mostra que o nível de capital humano dedicado à pesquisa, pelo menos nos países da OCDE, aumentou exponencialmente desde a década de 1950, sem que fossem verificados aumentos nas taxas de crescimento de longo prazo. Jones (1995b) propõe, então, um modelo semi-endógeno, onde a taxa de crescimento do estoque de capital humano dedicado a P&D (e não mais seu nível) é que determina a taxa de crescimento do

Não é possível comentar a literatura dos modelos endógenos sem remeter à um desdobramento natural: o papel do capital humano na difusão de tecnologia, cuja importância é derivada quase que automaticamente dos modelos citados anteriormente.<sup>19</sup> Geralmente os modelos de difusão estão relacionados às economias em desenvolvimento que, estando longe da fronteira tecnológica mundial, mais absorvem técnicas externas do que propriamente criam.<sup>20</sup>

Nelson e Phelps (1966) desenvolvem dois modelos teóricos nos quais a adoção de tecnologia é uma função crescente da intensidade de capital humano. No primeiro modelo, se  $w$  denotar o *lag* tecnológico, então o nível de tecnologia do país ou região é uma função crescente do capital humano:

$$A(t) = T(t - w(h)) \quad [11]$$

Onde  $t$  é o tempo. O nível de tecnologia de fato ( $A(t)$ ) é igual ao nível de tecnologia teórico,  $T$  (i.e., da fronteira tecnológica), de  $w$  anos atrás; sendo  $w$  uma função decrescente do capital humano:  $w'(h) < 0$ .

No segundo modelo a incorporação de tecnologia é tão mais rápida quanto mais distante o país estiver do líder tecnológico mundial (ou da fronteira tecnológica). O capital humano interno serve como um catalisador no processo: quanto maior a dotação deste fator, mais rápida será a incorporação de tecnologia – para um dado *gap* tecnológico:

$$\frac{\dot{A}}{A} = \phi(h) \left( \frac{T - A}{A} \right) \quad [12]$$

$A$  e  $T$  têm o mesmo significado do primeiro modelo.  $[T - A/A]$  representa o *gap* tecnológico e  $\phi(h)$  uma função dependente do capital humano *per capita* (que multiplica o *gap*). Pressupõe-se que  $\phi'(h) > 0$ . Se duas regiões, por exemplo, estão à mesma distância do líder tecnológico, aquela com maior nível de capital humano

---

produto *per capita*. Taís críticas são importantes, mas não mudam o fato de que o maior nível de capital humano, *ceteris paribus*, aumenta o PMK.

<sup>19</sup> Os efeitos qualitativos, sobre o *capitla* físico são os mesmos.

<sup>20</sup> Existem evidências de que a difusão também é importante nos países desenvolvidos. Ver Benhabib e Spiegel (1994) e Nakabashi e Figueiredo (2008).

*per capita* têm condições de absorver tecnologia e fazer o *catching up* mais rapidamente.

As evidências empíricas costumam confirmar a importância do conhecimento na adoção de tecnologias estrangeiras. North (1966) descreve o desenvolvimento da economia norte-americana do séc. XIX. Seu poder de adaptação de tecnologias estrangeiras, principalmente da Grã-Bretanha, é baseado numa mão-de-obra interna bem educada (para os padrões internacionais da época) e do influxo de imigrantes europeus com conhecimentos e experiência no setor industrial (que migraram principalmente para a Nova Inglaterra). No Brasil, a imigração europeia, principalmente de italianos para o estado de São Paulo, teve um efeito qualitativo na mão-de-obra para a indústria (empresários, industriais e importadores) e também no mercado consumidor.<sup>21</sup>

Benhabib e Spiegel (1994) encontraram efeitos do capital humano sobre o crescimento econômico atuando mais pelo aumento da produtividade, tanto pelo canal de produção de novas tecnologias quanto pela absorção de tecnologia da fronteira tecnológica mundial. Nakabashi e Figueiredo (2008) expandem o modelo empírico de Benhabib e Spiegel incluindo novos componentes: importações e investimento externos diretos. A abertura de novos canais para interação entre *gap* tecnológico e o capital humano só fortalecem as conclusões anteriores. Adicionalmente, essas evidências implicitamente produzem um “efeito colateral”: o incentivo à acumulação de capital físico.

Das equações acima, observa-se que o PMK, assim como a quantidade de capital físico de equilíbrio, é função crescente do parâmetro tecnológico. A PTF, que acima foi destacada como um fator complementar ao capital físico, é, na verdade, todo o resíduo que não pode ser atribuído aos fatores tradicionais – capital físico, capital humano e trabalho. Muito da literatura internacional julga que o grosso da produtividade total dos fatores se deve às inovações tecnológicas; e tentam modelar este componente à partir de um agente maximizador que inova na tentativa de obter lucro.

Para que haja incentivos para a pesquisa e desenvolvimento de inovações que gerem lucros é necessário um ambiente econômico favorável. Aqui pode-se

---

<sup>21</sup> Ver Simonsen (1973). Houveram, na década de 1930, queixas do setor industrial contra leis que pretenderam criar cotas para os trabalhadores brasileiros nas indústrias – evidência do grau de participação dos imigrantes no processo de industrialização brasileiro.

inserir o papel das instituições: “as regras do jogo” que atuam sobre os incentivos, de forma favorável ou desfavorável, para a acumulação de fatores e inovação. Sala-i-Martin (2002) tenta estreitar o conceito amplo de “instituições” criando várias subdivisões: (i) leis (direito de propriedade, *law enforcement*, paz); (ii) funcionamento dos mercados (estruturas dos mercados, políticas de competição, abertura para mercados externos, capital e tecnologia); (iii) instituições políticas (democracia, liberdade política, ruptura política, estabilidade política); (iv) sistema de saúde; (v) mercado financeiro (sistema bancário e de ações); (vi) instituições governamentais (tamanho da burocracia, *red tape*, corrupção do governo); (vii) desigualdade e conflitos sociais.

Os componentes do arcabouço institucional trazem à tona a importância do respeito a propriedade privada; da eficiência e da organização dos mercados; da burocracia; do setor financeiro; da limitação das possibilidades de *rent seeking* (criadas por regulamentações que acabam beneficiando alguns grupos de interesse); corrupção e maximização da livre iniciativa e liberdade individual. Incorporando tais fatores à discussão, fica evidente que muito do diferencial tecnológico entre países – e entre regiões dentro do mesmo país – pode ser explicado não somente pela falta de capital humano, ou ainda pela impossibilidade de adoção de tecnologia avançada por economias atrasadas, mas principalmente por diferenças na rede de incentivos, dificultando ações individuais que incorporem inovações. Se instituições fracas impedem o avanço tecnológico, impedem também a acumulação de fatores dependentes dela. Em análises *cross-country*, Barro (1991) e Benhabib e Spiegel (1994) tentam mostrar que fatores político-institucionais estão ligados à acumulação de capital físico. Em suma, essas questões justificam a inclusão do parâmetro  $\lambda$  nas eq. [1]-[4].

Acemoglu *et al.* (2001, 2002) atestam a importância das instituições iniciais, formadas durante a colonização europeia nos continentes americano, africano e asiático. Melhores instituições iniciais, através dos incentivos à acumulação de fatores de produção e inovação ou difusão tecnológica, teriam permitido os EUA e Canadá se aproveitarem de forma mais ampla da revolução industrial. O nível de desenvolvimento desses países, que até a segunda metade do séc. XVIII não diferia

muito das colônias ibéricas americanas, começou a apresentar um desenvolvimento distinto.<sup>22</sup>

Engerman e Skoloff (2002) produzem um argumento complementar, no qual as instituições implantadas nas colônias americanas seguiram um padrão de acordo com as dotações iniciais: algumas partes do continente eram propícias à produção de bens com alto valor no mercado europeu (e.g., açúcar, tabaco, algodão) cuja produção era realizada em grandes latifúndios e com trabalho escravo. Essa estrutura facilitou a formação de sociedades altamente desiguais, polarizadas entre reduzida elite local e uma vasta população de escravos e homens livres pobres que detinham escassos direitos de propriedade; permitiu também a manutenção de instituições que beneficiassem as elites em detrimento de grande parte da população.<sup>23</sup>

EUA e Canadá, ao contrário do México, Peru e do Nordeste Brasileiro, por exemplo, não se mostraram colônias tão proveitosas. Foram colônias de povoamento que, sem produtos de alto valor agregado para exportação, tinham parte substancial da economia em regime de subsistência em pequenas propriedades e baixa desigualdade social. Tais características, se inicialmente implicaram baixa renda na colônia (e baixo retorno para a metrópole), revelaram-se favoráveis no longo prazo: as instituições criadas com base nessa organização dificultaram a extração de excedentes por parte de uma pequena elite; incentivaram

---

<sup>22</sup> Segundo Acemoglu *et al.* (2001), as ex-colônias europeias teriam melhores instituições já no início do processo de colonização (com direitos de propriedade mais bem definidos, restrições ao executivo, etc.) quanto maior a proporção de europeus, em relação à população total, assentados nas colônias. Onde se estabeleceram em grandes números, os europeus (e descendentes) teriam condições de exigir instituições similares àquelas dos países de origem. Na situação inversa, a metrópole estabelecia “colônias de exploração” – com direitos de propriedades restritos às elites. Ainda segundo os autores, a proporção da população de origem europeia nas colônias pode ser explicada à partir de sua “taxa potencial de mortalidade”; registradas nas campanhas militares das potências europeias e também em missões patrocinadas pelo vaticano. Acemoglu *et al.* (2001, 2002) instrumentalizaram as instituições (as quais tinham como *proxies* indicadores do início do séc. XX de restrição ao executivo, democracia, etc.) através dessa mortalidade potencial (MQ2E) e encontraram coeficientes significativos para as instituições: variável explicativa do desenvolvimento econômico atual.

<sup>23</sup> Argumento semelhante aparece em North (1966): o caminho de desenvolvimento das novas economias (colônias) é ditado pelas características do setor primário-exportador (cujos produtos são definidos pelas dotações naturais da região). Quando a estrutura desse setor implica em altos multiplicadores internos que demandam indústrias subsidiárias e complementares residentes, o resultado é uma ampliação e diversificação de produção. No caso contrário, economias exportadoras que possuem alto retorno no investimento em alguns poucos produtos intensivos em trabalho, com altos retornos de escala, desenvolvem-se em sociedades com alto coeficiente de importações e elevada desigualdade de renda inicial; com poucos incentivos para diversificação econômica.

medidas de democratização, de escolarização e de inovação (principalmente após a revolução industrial).<sup>24</sup>

Os portugueses do séc. XVI encontraram, nas regiões do Brasil, condições naturais suficientemente diferentes para resultarem em organizações econômicas iniciais bastante diversas. O nordeste foi a região mais próspera da colônia nos séc. XVI e XVII (particularmente Pernambuco e Bahia) e onde se concentrou a maioria da produção de cana-de-açúcar exportada para Europa. Se caracterizou por uma concentração de poder e terras na pessoa do “senhor de engenho”, resultado da estrutura de produção do principal produto de exportação. O contraste é significativo com a realidade econômica da então capitania de São Vicente (São Paulo): a pobreza relativa que suportavam os paulistas parece ser ponto pacífico entre os historiadores. Grande parte da população vivia na economia de subsistência, em pequenas propriedades e leve desigualdade de renda.<sup>25</sup> Esta diferença não se devia somente ao clima. Naritomi (2007) enfatiza os altos custos de transportes que permitiram as regiões mais ao sul elevado grau de autonomia, lado a lado com a pobreza.

Pelo menos dois estudos econométricos confirmam que as diferenças institucionais entre as regiões brasileiras afetam o desenvolvimento de longo prazo. Naritomi (2007) constrói variáveis de influência dos dois mais importantes ciclos econômicos da era colonial: o ciclo da cana-de-açúcar e o ciclo do ouro. Os municípios na área de influência desses ciclos teriam gerado instituições municipais com administrações públicas ineficientes e precário acesso à justiça; resultado de desigual distribuição das dotações iniciais (e.g., poder político e terras); confirmado pela alta correlação entre os índices de influência dos ciclos e os índices utilizados para mensurar a qualidade institucional municipal. Naritomi (2007) não mensura o

---

<sup>24</sup> Este argumento está bem generalizado. Dentro da mesma colônia foram adotados, na prática, diferentes formas de colonização. Os EUA foram um caso ambíguo: o sul apresentava condições climáticas favoráveis para culturas de exportação (principalmente algodão); a sociedade desenvolveu-se com características similares (em alguns aspectos) à sociedade colonial patriarcal brasileira (economicamente baseada na cana-de-açúcar e trabalho escravo). Ver Freyre (1939). As “macro-instituições” dos EUA, no entanto, favoreceram a convergência entre as regiões no longo prazo.

<sup>25</sup> A dificuldade econômica de São Paulo foi uma constante no período colonial, apenas aliviada com a mineração (séc. XVIII). O esgotamento das minas levou São Paulo e toda a região sul de volta para a produção de subsistência. Só conheceram novo ímpeto com a economia cafeeira, já no período imperial. Ver Simonsen (1978). As “bandeiras” paulistas são evidências, segundo Wehling (2005), da precariedade econômica dos paulistas, levando-os ao interior em busca de “ouro, índios e terras”. A escravidão de índios pelos bandeirantes era devida a incapacidade dos colonos de comprar escravos africanos.

impacto de tais instituições na acumulação de fatores, mas encontra evidências de impacto sobre a renda *per capita* municipal. Pereira *et al.* (2010) encontraram forte correlação positiva entre o produto *per capita* dos municípios e a qualidade das instituições municipais.<sup>26</sup>

A idéia de instituições formadas no passado distante influenciarem o desenvolvimento atual das nações está presente na teoria institucionalista, em trabalhos teóricos e empíricos. É marcante a idéia de “inércia institucional” (hábitos, crenças, valores, tipos de organização social e jurídica), caracterizada pelo auto-reforço e auto-legitimação; tornando as instituições persistentes às mudanças.<sup>27</sup>

Que grupos beneficiários da organização institucional vigentes têm incentivos para defendê-la e reproduzi-la ao longo do tempo é intuitivo e até evidente. As evidências de Easterly e Levine (2002) e Acemoglu *et al.* (2003) apontam para a dominância institucional, inclusive, sobre as políticas macroeconômicas: as políticas não têm poder de previsão sobre o desempenho econômico de longo prazo, quando controladas por variáveis institucionais. Políticas macroeconômicas seriam apenas os reflexos do conflito de interesse e *rent seeking*.<sup>28</sup> A queda forte e persistente da PTF brasileira na década de 1970 também pode ter raízes nas instituições brasileiras: a deterioração da organização dos mercados e alterações nas “regras do jogo” diante das crises do petróleo podem ter reduzido a eficiência da economia nacional. Apesar da queda na produtividade ter sido uma tendência global (*productivity slowdown*), ela não foi tão forte quanto nos países latino-americanos e ibéricos.<sup>29</sup>

---

<sup>26</sup> Pereira *et al.* (2010) utilizaram como *proxy* institucional o índice de qualidade institucional municipal (IQIM). Devido a endogeneidade entre instituições e nível do produto *per capita*, os autores instrumentalizaram o IQIM por variáveis geográficas. Tanto o IQIM quanto as variáveis geográficas serão utilizadas na análise empírica à seguir.

<sup>27</sup> A idéia da inércia institucional é compartilhada pelos institucionalistas originais e também pelos novos institucionalistas. Ver Hodgson (1998) e North (1991).

<sup>28</sup> Através da mera substituição de políticas macroeconômicas equivocadas (e.g., grande consumo do governo, inflação, e supervalorização real do câmbio) mudam-se apenas as formas de extração de rendas pelo grupo no poder. As políticas refletem sintomas institucionais, não as causas do subdesenvolvimento.

<sup>29</sup> Em 1974 foi lançado o II PND com objetivos de reorganizar a economia nacional e diminuir a dependência externa. Tal programa iniciou um regime de aprofundamento de capital identificado na contabilidade de crescimento de Gomes *et al.* (2003) que se estendeu até 1992. A alta dose de intervencionismo e alteração dos retornos relativos nos diversos setores pode ter reduzido a eficiência econômica de forma mais forte e persistente do que foi observado no resto do mundo. Rodrik (1999), diante da evidência de que vários países subdesenvolvidos, que vinham crescendo de forma acelerada (antes dos choques do petróleo) viram suas economias estagnadas durante um longo período pós-1970, argumenta que os fatores institucionais foram importantes na reação dos países aos choques: aqueles com fracas instituições adotaram políticas que diminuíram a eficiência

É importante mencionar o contra-argumento de Glaeser *et al.* (2004) – desfavorável à visão das instituições como determinante principal do desempenho econômico de longo prazo, em particular das ex-colônias europeias, tal como sugerido por Acemoglu *et al.* (2001). Os processos históricos exógenos, da implantação das colônias europeias não foram somente um choque institucional sobre os novos territórios: os colonos trouxeram:

*“[...] not so much their institutions, but themselves, i.e., their human capital. This theoretical ambiguity is consistent with the empirical evidence as well. We show that instruments used in the literature for institutions are even more highly correlated with human capital both today and in 1900, and that, in instrumental variable specifications predicting economic growth, human capital performs better than institutions.”* (GLAESER *et al.*, 2004, p. 274)

A citação acima argumenta, então, que o estoque de capital humano é a variável mais importante. Teria sido decisivo no desenvolvimento das ex-colônias europeias e também no crescimento recente de países como China e Coreia do Sul. As instituições, que são fixas em determinado ponto do tempo, tendem a melhorar no longo prazo com o crescimento econômico causado pela acumulação dos fatores, especialmente do capital humano.<sup>30</sup>

O argumento acima está no contexto de crescimento econômico de longo prazo. Implicitamente, pode ser estendido para o debate da acumulação de capital físico. No exercício empírico feito a seguir, será importante testar se, nos municípios brasileiros, o argumento que se aplica é aquele de Acemoglu *et al.* (2001, 2002) e Engerman e Skoloff (2002) ou de Glaeser *et al.* (2004), ou ainda, ambos. No método do MQ2E será possível testar se os instrumentos geográficos são melhores na previsão das instituições ou do capital humano.

---

da economia e prejudicando o crescimento econômico. Os países com fortes instituições absorveram os choques com menos conflitos sociais e voltaram a crescer logo depois.

<sup>30</sup> Em termos de políticas públicas, o argumento acima coloca a estratégia de crescimento de longo prazo na acumulação de fatores, que geram crescimento, e este amplia o leque da escolha institucional.



### 3 MODELO

#### 3.1 EQUILÍBRIO

De saída, é necessário formular um modelo que contemple as variáveis importantes destacadas na seção anterior. A eq. [13] mostra o produto *per capita* da economia  $i$ , dependente do estoque de capital *per capita*; do capital humano *per capita*; da tecnologia e da qualidade institucional:

$$y_i = \lambda_i k_i^{\alpha_i} (h_i A_i)^{1-\alpha_i} \quad [13]$$

$k_i$ ,  $h_i$  e  $A_i$  são estoques de capital físico, capital humano (ambos *per capita*) e tecnologia da economia  $i$ .  $\lambda_i$  uma fator multiplicativo que tenta identificar o papel das instituições,<sup>31</sup> retirando da PTF o componente institucional. O parâmetro  $\alpha$  mede a participação do capital físico e  $(1 - \alpha)$  a participação do trabalho eficiente. Esta especificação permite juntar as participações do capital humano com o trabalho eficiente sem necessidade de suposições acerca do percentual da renda que deve ser atribuído aos dois fatores separadamente. O produto marginal do capital é:

$$PMK_i = \alpha \lambda_i k_i^{\alpha_i-1} (h_i A_i)^{1-\alpha_i} \quad [14]$$

A eq. [14] pode ser facilmente transformada de forma que o PMK fique em função do parâmetro  $\alpha$  e da razão capital produto:

$$PMK_i = \frac{\alpha_i}{k_i/y_i} \quad [15]$$

Suposições simplificadoras costumam acompanhar os cálculos de PMK com o objetivo de permitir a comparação das estimativas entre países ou regiões. Em análises *cross-country*, por exemplo, é comum supor que a participação do capital é a mesma em todos os países. Como a razão capital-produto é positivamente

---

<sup>31</sup> A eq. [13] é baseada em Gomes *et alii* (2003).

correlacionada com o produto *per capita*, a produtividade marginal do capital (eq. [15]) tem uma correlação negativa com o PIB *per capita*.

Caselli e Feyrer (2007) chamam atenção para duas questões importantes que geralmente passam despercebidas no cálculo do PMK. Primeiramente é importante salientar o papel desempenhado por  $\alpha$  (passando ao largo do problema da imposição do mesmo parâmetro para todas as economias), pois os componentes dentro do parâmetro  $\alpha$  são importantes. Na função de produção agregada, o “estoque de capital” inclui fatores além do “capital reprodutível” (máquinas, equipamentos, fábricas etc.); incluem fatores como terras e recursos naturais (doravante, “capital natural”).<sup>32</sup> A participação do capital reprodutível (doravante,  $\alpha^r$ ) é o parâmetro que deve realmente entrar no cálculo do produto marginal do capital.

A segunda simplificação implícita da eq. [15] é referente a ponderação dos preços relativos. O PMK deve ser corrigido pela multiplicação da razão de preços entre bens finais e bens de capital: quanto maior os preços dos bens finais ( $P_y$ ) em relação ao custo de capital ( $P_k$ ), maior o retorno do capital investido e a produtividade marginal do capital. A estimativa da eq. [15] supõe que  $P_y/P_k = 1$ .

A correção do PMK pelos fatores acima tem resultados adversos nas estimativas de produtividade dos países mais pobres, i.e., estes países efetivamente apresentam, em média, menor proporção do capital reprodutível no estoque de capital total (menor valor de  $\alpha^r$ ) e o custo de do investimento é alto em relação ao preço dos bens finais.<sup>33</sup> A correção pelos dois fatores acima gera a equação do produto marginal do capital corrigido (PMKC), dada abaixo:

$$PMKC_i = \left[ \frac{P_{y,i}}{P_{k,i}} \right] \left( \frac{\alpha_i^r}{k_i/y_i} \right) \quad [16]$$

$P_{y,i}/P_{k,i}$  e  $\alpha_i^r$  são os dois fatores de correção – a razão de preços e a participação do capital reprodutível na renda, respectivamente, da economia  $i$ . As evidências apresentadas por Caselli e Feyrer (2007) indicam que após as correções as

<sup>32</sup> Caselli e Feyrer (2007) dividem o estoque de capital total em: (i) recursos de subsolo; (ii) madeira; (iii) outras florestas; (iv) *cropland*; (v) pastos; (vi) áreas protegidas; (vii) terra urbana; (viii) capital reprodutível.

<sup>33</sup> Ver Hsieh e Klenow (2007).

diferenças nos valores do PMK entre os países são mínimas.<sup>34</sup> Este resultado difere da hipótese de Lucas (1990) porque na eq. [16] as dotações de capital humano e tecnologia, contidas no produto *per capita*, não são suficientes para equilibrar as diferenças de produtividade marginal do capital – necessitando das correções já referidas. Contudo, Caselli e Feyrer (2007) reconhecem que  $P_y/P_k$  e  $\alpha^r$  podem estar correlacionados com as dotações. Os autores, inclusive, derivam uma “quantidade desejada” de capital físico, muito similar ao que será desenvolvido à seguir, que depende tanto de fatores de correção quanto das dotações.

Para uma incorporação completa das correções sintetizadas na eq. [16], se faz necessário alterar a função de partida. A nova função de produção é a seguinte:<sup>35</sup>

$$y_i = \lambda_i k_i^{\alpha^r} (h_i A_i)^{1-\alpha^r} \quad [17]$$

Levando adiante a hipótese de que as correções impostas ao produto marginal do capital (eq. ([16]) de fato anulam as diferenças entre as economias, então é possível escrever o PMKC como sendo constante e equivalente entre todas as economias:

$$PMKC_i = \left[ \frac{P_{y,i}}{P_{k,i}} \right] \alpha_i^r \lambda_i k_i^{\alpha_i^r - 1} (h_i A_i)^{1-\alpha_i^r} = PMKC^* \quad [18]$$

A eq. [18] diz que o produto marginal do capital da economia  $i$ , uma vez corrigido pelos fatores  $P_y/P_k$  e  $\alpha^r$ , é equivalente ao PMKC das outras economias em análise (assumindo que existe liberdade de mobilidade dos fatores).<sup>36</sup> Isolando o valor de  $k$ , encontra-se o valor de equilíbrio do capital físico *per capita*:

<sup>34</sup> Ferreira (2010) introduz um modelo com risco de *default*, o qual é entendido de forma mais ampla, incorporando a estrutura das instituições do país. O modelo mostra teoricamente que pode-se sustentar diferenças no PMK sem fluxo de capital, se houver o fator risco. O problema não parece relevante no estudo dos fluxos de capitais entre municípios; ademais, a função de produção explicita o componente institucional.

<sup>35</sup> A separação entre capital reprodutível e as demais formas de capital leva à uma função de produção do tipo:  $y = \lambda k^{\alpha^r} z^{\beta} (hA)^{1-\alpha^r-\beta}$ . O fator  $z$  corresponde ao estoque de recursos naturais *per capita*.  $\beta$  é a participação deste fator no produto. Todavia, do ponto de vista prático, como não existem dados disponíveis para os municípios brasileiros do estoque de capital natural, optou-se, desde a parte teórica, incorporar esse componente no resíduo,  $A$ .

<sup>36</sup> Para Lucas (1990), se todos os fatores ou dotações estão corretamente especificados numa função de produção, então o PMK deve ser o mesmo para todos os países, i.e., um valor constante ( $=PMK^*$ ).

$$k_i^* = \left( \frac{P_{y,i}}{P_{k,i}} \frac{\alpha_i^r}{PMKC^*} \right)^{1/(1-\alpha_i^r)} \lambda_i^{1/(1-\alpha_i^r)} h_i A_i \quad [19]$$

A eq. [19] preserva as características vistas na revisão teórica sobre os determinantes do capital. O valor de estado estacionário do capital *per capita* depende do nível de capital humano *per capita*; do parâmetro institucional e do estado tecnológico; também é função dos preços relativos e do parâmetro que mede a proporção da renda auferida pelo capital reproduzível. Combinam-se portanto, as dotações (Lucas), preços e capital reproduzível (Caselli e Feyrer). Colocando [19] em logaritmos neperianos:

$$\ln(k_i^*) = \varphi \ln \left( \frac{P_{y,i}}{P_{k,i}} \frac{\alpha_i^r}{PMKC^*} \right) + \varphi \ln(\lambda_i) + \ln(h_i) + \ln(A_i) \quad [20]$$

Onde  $\varphi = [1/(1 - \alpha_i^r)]$ .

Mankiw *et al.* (1992) assumem uma simplificação para tratar o componente tecnológico ( $A$ ): Após a introdução do capital humano como fator de produção adicional, a tecnologia cresce à uma taxa exógena. Significa dizer que os impactos do capital humano se esgotam no componente  $h$ . Considerando esta hipótese, a tecnologia no tempo  $t$  é dada por:

$$A_i(t) = A_i(0)e^{gt} \quad [21]$$

Segundo a eq. [21], as diferenças de produtividade refletem diferenciais nas condições iniciais – em  $A_i(0)$ . Nos municípios brasileiros, dado que a função de produção já separa o componente institucional, é provável que a variação na produtividade seja dominada por diferenças nas dotações de recursos naturais – aqueles que possuem grandes reservas de petróleo, usinas hidrelétricas, mineradoras, etc. Municípios ricos em recursos naturais apresentam, normalmente,

---

Caselli e Feyrer (2007) afirmam que a produtividade será igual somente após a correção por  $P_y/P_k$  e  $\alpha^r$ : o PMKC, e não o PMK será constante, igual a  $PMKC^*$ .

PTF muito acima do média; especialmente quando a população é reduzida ou os valores desses empreendimentos são altos em relação ao PIB do município.

Adicionalmente, Mankiw *et al.* (1992), em sua análise *cross-country*, assumem que o valor da tecnologia no ponto inicial depende dos efeitos fixos (dos países). Nakabashi e Salvato (2007), ao aplicarem o mesmo modelo para os estados brasileiros, pressupõem que os efeitos fixos são estaduais.<sup>37</sup> Adicionando também esta hipótese, a condição inicial seria dada, portanto, por um componente constante e um efeito específico de cada economia:

$$\ln(A(0)) = a + \epsilon_i \quad [22]$$

A substituição da eq. [22] no logaritmo da eq. [21], e o resultado na eq. [20], e, assumindo  $t = 0$ , culmina na equação da quantidade ótima de capital físico *per capita*:

$$\ln(k_i^*) = \gamma + \varphi \ln\left(\alpha_i^r \frac{P_{y,i}}{P_{k,i}}\right) + \varphi \ln(\lambda_i) + \ln(h_i) + \epsilon_i \quad [23]$$

Onde  $\gamma = [a - \varphi \ln(PMKC^*)]$ .

### 3.2 DINÂMICA

O modelo exposto acima é válido em pontos de equilíbrio do estado estacionário. É igualmente importante a análise da dinâmica de transição – situação em que a economia encontra-se fora de  $k^*$ . Da equação de acumulação de capital tradicional,

$$\dot{K} = sY - \delta K \quad [24]$$

---

<sup>37</sup> Nakabashi e Salvato (2007) fazem os testes de Mankiw *et al* (1992) para os estados brasileiros adicionando uma *proxy* de qualidade do fator capital humano. A variável *dummy* reflete as especificidades dos estados.

Em que  $\delta$  é a taxa de depreciação do capital físico. Pode-se deduzir a acumulação de capital eficiente, utilizando a função de produção da eq. [17]:

$$\frac{\dot{\tilde{k}}}{\tilde{k}} = s\lambda\tilde{k}^{\alpha^r-1}h^{1-\alpha^r} - (n + g + \delta) \quad [25]$$

Sabendo que  $\tilde{k}^{\alpha^r-1} = e^{-(1-\alpha^r)\ln(\tilde{k})}$  e fazendo uma expansão de Taylor na vizinhança do estado estacionário:

$$\frac{\dot{\tilde{k}}}{\tilde{k}} = (1 - \alpha^r)(n + g + \delta)[\ln(\tilde{k}^*) - \ln(\tilde{k})] \quad [26]$$

Porque  $s\lambda(\tilde{k}^*)^{\alpha^r-1}h^{1-\alpha^r} = n + g + \delta$ , se  $k = k^*$ . Substituindo o valor de  $k^*$  na eq. [26] (sabendo que  $\dot{\tilde{k}}/\tilde{k} = \dot{k}/k - g$ ), a taxa de crescimento do estoque de capital físico *per capita* é:

$$\frac{\dot{k}}{k} = g + (1 - \alpha^r)(n + g + \delta)[\ln(k^*) - \ln(k)]$$

$$\frac{\dot{k}}{k} = \theta + \psi\varphi \ln\left(\alpha_i^r \frac{P_{y,i}}{P_{k,i}}\right) + \psi\varphi \ln(\lambda_i) + \psi \ln(h_i) - \psi \ln(k) + \varepsilon_i \quad [27]$$

Sendo  $\theta = \psi\gamma + g$ ;  $\psi = [(1 - \alpha_i^r)(n + g + \delta)]$ ;  $\varepsilon_i = \psi\epsilon_i$ .

As eq. [23] e [27] mostram a quantidade de equilíbrio e a taxa de crescimento do capital *per capita*, derivadas à partir de uma função de produção Cobb-Douglass aumentada pelos fatores de capital humano e qualidade institucional. O modelo também corrige a produtividade marginal do capital físico levando em conta a participação (na renda) da parte relevante do capital; e a relação de preços. A próxima seção comenta os dados disponíveis e detalha a metodologia utilizada para aplicar as duas equações aos municípios brasileiros.

## 4 METODOLOGIA E DADOS

O objetivo deste capítulo é a obtenção de evidências empíricas que confirmem ou refutem as teorias de capital humano e instituições no que tange às suas implicações para o nível de capital físico municipal assim como sua taxa de crescimento. A análise é restrita espacialmente aos municípios brasileiros e temporalmente ao período 1980-2000.

A eq. [23] mostra que o volume de capital físico *per capita* de equilíbrio ( $k^*$ ) depende dos estoques de fatores complementares – capital humano *per capita* ( $h$ ) e qualidade institucional municipal ( $\lambda$ ); também da razão entre os índices de preços de bens finais e o índice de preços dos bens de capital ( $P_y/P_k$ ) e da proporção da renda municipal auferida pelo capital reprodutível ( $\alpha^r$ ). A taxa de crescimento do estoque de capital *per capita* é dada pela eq. [27]. Das variáveis explicativas, a única alteração em relação ao *nível* de capital *per capita* de equilíbrio é a adição do estoque de capital *per capita* inicial ( $k$ ) na função de acumulação. A expectativa é que esta última variável tenha sinal negativo, ou seja, quanto maior a quantidade de capital inicial, menor o seu crescimento posteriormente. Como se verá adiante, não existe disponibilidade de dados para todas as variáveis explicativas relevantes do modelo teórico sendo necessário a utilização de um método que contorne o problema de variáveis omitidas nas regressões. A seguir segue uma descrição dos dados utilizados.

A *proxy* utilizada para o  $k$  será a série do Ipeadata denominada “capital residencial urbano”. Consiste no fluxo perpétuo (constante) de aluguéis mensais descontados à taxa de desconto de 0,75% a.m. A imperfeição da série como *proxy* do capital físico é totalmente reconhecida: seria interessante utilizar *proxies* que medissem o estoque de máquinas, equipamentos e estruturas. Contudo, para o nível de desagregação proposto, o capital residencial urbano é o único dado disponível.

Existe, no entanto, uma elevada correlação, em nível nacional, entre o capital residencial e outras variáveis utilizadas para medir o capital físico. A Tabela 1 mostra o valor (em bilhões de reais de 2000), dos estoques de (i) capital não-residencial; (ii) máquinas e equipamentos; (iii) estoque bruto de capital e (iv) capital residencial urbano. As estimativas desses estoques estão disponíveis no Ipeadata e foram construídas com dados das contas nacionais do IBGE (1947-2002) por Morandi *et al.* (2004). A última linha da tabela mostra as correlação entre as

variáveis das colunas de (i) a (iv) e o capital residencial. A correlação é alta em todos os casos.

TABELA 1 – ESTOQUE DE CAPITAL NO BRASIL (R\$ BILHÕES DE 2000)

Ano	(i) Não-Resid.	(ii) Máq. & Equip.	(iii) Estoque Bruto	(iv) Resid. Urbano
1970	316	439	900	325
1980	787	1174	2270	583
1991	1425	1703	3735	751
2000	1854	1686	4430	1173
Corr	0.97	0.85	0.95	1

Fonte: Ipeadata/Morandi *et al.* (2004)

Em nível estadual também existe uma forte correlação entre o capital residencial urbano e *proxies* do capital estadual. Em muitos casos, se utiliza o consumo de energia elétrica não-residencial como *proxy*. A Tabela 2 mostra o índice de correlação, nos estados da federação, entre capital residencial urbano e os seguintes índices de consumo de energia: (i) total; (ii) residencial; (iii) não-residencial; (iv) industrial. As correlações são ainda mais elevadas do que as observadas na Tabela 1.

TABELA 2 – CORRELAÇÕES: CAPITAL RESIDENCIAL URBANO E ENERGIA ELÉTRICA

Ano	(i) Total	(ii) Resid.	(iii) Não-Resid.	(iv) Industrial
1970	0.97	0.99	0.96	0.93
1980	0.98	1	0.97	0.94
1991	0.98	1	0.97	0.93
2000	0.99	1	0.98	0.94

Fonte: Ipeadata.

Nota: Os estados de Mato Grosso do Sul, Tocantins e Acre foram retirados dos cálculos, pois são estados em que faltam dados para pelo menos um dos anos censitários.

O Ipeadata também possui uma série chamada “capital humano”; definida como a diferença entre o rendimento obtido no mercado de trabalho e a estimativa daquele obtido por um trabalhador sem escolaridade e experiência – dado o valor esperado dos rendimentos anuais (descontados a 10% a.a.) associados à escolaridade e experiência (idade) da população em idade ativa (15 a 65 anos). Esta *proxy* parece superior aos dados de escolaridade porque leva em conta também a experiência do trabalhador.



A qualidade institucional municipal é mensurada pelo “Índice de Qualidade Institucional Municipal”, IQIM, criado pelo Ministério do Planejamento e Gestão. Este índice foi primeiramente utilizado por Pereira *et al.* (2010). É subdividido em três sub-índices:<sup>38</sup>

- (i) *Grau de participação*, que procura mensurar a participação da população na administração municipal;
- (ii) *Capacidade financeira*, que leva em conta a dívida, poupança e capacidade de pagamento do município;
- (iii) *Capacidade gerencial*, que atre sobre os instrumentos de planejamento e atualização da administração pública.

Os dados do IQIM estão disponíveis somente para o ano de 2000. Como o período de análise começa no ano censitário de 1980, simplesmente repete-se o valor de 2000 para os anos anteriores. Isto é feito com base na hipótese da “inércia institucional”.

Não existem dados de preço ou participação do capital reprodutível na renda municipal. Acerca do último, seria razoável supor que o parâmetro  $\alpha^r$  é positivamente correlacionado com o valor adicionado da indústria no PIB municipal.<sup>39</sup> Existem dados disponíveis do valor adicionado da indústria (municipal) no Ipeadata (dados do IBGE) para os anos de 1980, 1985 e 1996. As estimações, no entanto, serão feitas para os anos censitários. Portanto, é preciso calcular o valor da participação da indústria municipal em 1991 e 2000. É possível utilizar a taxa média de crescimento entre 1985 e 1996 e, por interpolação, estimar valores para os anos faltantes. Na análise a seguir, optou-se por assumir valores constantes, iguais a 1980. Para capturar a razão de preços ( $P_y/P_k$ ), seria possível incluir *dummies* qualitativas para cada um dos municípios – as *dummies* iriam capturar, adicionalmente, outros efeitos fixos, como as condições iniciais dadas por  $A_i(0)$  – mas esta estratégia consumiria rapidamente os graus de liberdade. Outro caminho seria supor que  $P_y/P_k$  segue um padrão que é característico dos estados aos quais os municípios pertencem. Pode-se, ainda, estratificar a amostra, com regressões para grupos de municípios homogêneos.

---

<sup>38</sup> Cada sub-índice se divide, por sua vez, em várias variáveis, as quais, são mensuradas algumas vezes até por variáveis binárias – existência ou não de algum instrumento ou corpo deliberativo, etc. Para mais informações do IQIM, ver Pereira *et al.* (2010).

<sup>39</sup> Extrativa, transformação, construção civil e serviços de utilidade pública.

Apesar do modelo teórico não explicitar nenhuma variável de desigualdade, certas especificações incluirão o índice de desigualdade de theil como regressor. O índice é definido como o logaritmo neperiano da razão entre as médias aritméticas e geométricas da renda familiar *per capita* média – quanto maior o valor do índice, maior a desigualdade do município. Galor e Moav (2004) apresentam um modelo onde a desigualdade é benéfica para o crescimento econômico, via acumulação de capital físico, enquanto a produtividade marginal do capital físico for superior à do capital humano. A partir de certo momento, quando o PMK foi suficientemente baixo, a desigualdade reduz o crescimento porque retarda a acumulação de capital humano em ambientes de mercados financeiros imperfeitos. O Ipeadata fornece o índice de theil para os anos censitários relevantes. O índice de gini, mais tradicional, não foi encontrado para o ano de 1980. Em todo caso, a correlação entre os índices de theil e gini, nos anos de 1991 e 2000, foi de 0,90 e 0,86, respectivamente.

Os dados por municípios em diferentes períodos permitem a adoção de métodos de estimação em painel. Partindo de um modelo geral:

$$y_{it} = \mathbf{x}'_{it}\beta + v_{it} \quad [28]$$

$$v_{it} = \alpha_i + u_{it} \quad [29]$$

Onde  $t = 1, 2, 3$  e  $i = 1, 2, \dots, N$ ; podendo chegar a quase 13.589 observações. Com um painel curto, é possível fazer inferências à partir das propriedades assintóticas quanto  $t$  é fixo e  $N \mapsto \infty$ .  $y_{it}$  pode denotar tanto o nível (eq. [23]) quanto a taxa de crescimento (eq. [27]) do capital físico *per capita*. O vetor  $\mathbf{x}'_{it}$  compreende as variáveis explicativas, cujos valores podem variar entre os municípios e ao longo do tempo (para um dado município);  $\alpha_i$  é um vetor de variáveis de efeitos fixos (variam no *cross-section*, mas são constantes ao longo do tempo). Por fim,  $u_{it}$  é o termo de erro aleatório.

Os métodos mais tradicionais de estimação do painel são: (i) MQO empilhado; (ii) método de efeitos aleatórios (EA); (iii) efeitos fixos (EF). Os dois primeiros são utilizados quando não existe correlação entre o efeito individual,  $\alpha_i$ , e os regressores,  $\mathbf{x}'_{it}$ . O método de efeito fixo é usado quando esta correlação é diferente de zero, implicando em  $E(v_{it} \cdot \mathbf{x}'_{it}) \neq 0$ , tornando os coeficientes dos demais regressores inconsistentes. O método EF, ao retirar os efeitos fixos do termo de erro,

permite a correta estimação dos coeficientes; uma vez que a correlação dos regressores com o termo de erro desaparece (*ceteris paribus*). Entretanto, o método EF é inviabilizado, por dois motivos. Seria impossível calcular o coeficiente do IQIM; este também uma variável que funciona como efeito fixo (constante em  $t$ ). O método de variáveis instrumentais (MQ2E) também seria inutilizado – os instrumentos são todos constantes ao longo do tempo (variáveis geográficas).

A inclusão do IQIM no modelo, portanto, retira pelo menos parte do efeito fixo de  $v_{it}$ , assim como a participação da indústria no PIB municipal em 1980 (*proxy*  $\alpha^r$ ). Como não existem dados disponíveis para valores de  $P_y/P_k$ , a não ser que as *dummies* estaduais estejam capturando efeitos de preços – o que colocaria a variável no vetor  $x'_{it}$  – na prática, a razão de preços estará incluída no componente  $\alpha_i$  do termo de erro ( $v_{it}$ ).

A inclusão do IQIM e das *dummies*, mesmo que implique em  $E(x'_{it}, \alpha_i) = 0$ , não são suficientes para supor que  $E(x'_{it}, u_{it}) = 0$ . Somente as duas suposições juntas sustentam a hipótese de  $E(x'_{it}, v_{it}) = 0$ , esta, necessária para correta utilização do MQO empilhado. No entanto, A condição de correlação zero entre os regressores e o termo de erro aleatório ( $E[x'_{it}, u_{it}]$ ) não parece factível. Existe a possibilidade de variáveis omitidas; além da simultaneidade entre instituições, capital humano e capital físico – as instituições afetam o produto diretamente; e também através do incentivo à acumulação de fatores. A acumulação de fatores também pode afetar as instituições; o incremento de capital, por exemplo, eleva o produto, que por sua vez amplia o leque de possibilidades institucionais (DJANKOV *et al.*, 2003). Esta endogeneidade já foi discutida na seção teórica e também está presente em vários trabalhos empíricos importantes citados anteriormente.

O problema da inconsistência pode ser contornado via método MQ2E. A literatura institucional dá ênfase aos processos históricos que formaram instituições antigas, e estas influenciam na formação das instituições atuais. No Brasil, o clima também teve influência sobre o tipo de colonização adotado – com fortes diferenças entre o norte o sul. O argumento de Glaeser *et al.* (2004) diz que os processos históricos que formaram as primeiras instituições também estão ligados com o capital humano inicial. Parece razoável supor que as mesmas variáveis geográficas são instrumentos válidos para a qualidade institucional e também para o capital humano. Além de servir para controlar a endogeneidade das variáveis de interesse,

o primeiro estágio do MQ2E será útil, adicionalmente, para examinar com qual das variáveis os instrumentos geográficos são mais correlacionados: instituições ou capital humano.

A escolha dos instrumentos mistura argumentos de Acemoglu *et al.* (2001), Engerman e Skoloff (2002) e Naritomi (2007): a geografia foi importante, do ponto de vista histórico, na formação das condições iniciais. As instituições se desenvolvem ao longo do tempo e muitos de seus traços persistem até o presente. São quatro os instrumentos disponíveis: (i) latitude; (ii) média da precipitação pluviométrica (mm/mês); (iii) temperatura média anual (°C) e (iv) altitude (metros). Variáveis geográficas já foram utilizadas por Hall e Jones (1999) e Easterly e Levine (2002) na literatural internacional. Pereira *et al.* (2010) utilizam os mesmos instrumentos;<sup>40</sup> e Naritomi (2007) utiliza variáveis geográficas em algumas regressões para testar se os instrumentos dos ciclos econômicos (cana-de-açúcar e do ouro) continuam significativos. As quatro variáveis geográficas serão válidas como instrumentos se satisfazem as condições de exogeneidade,  $E(\mathbf{z} \cdot \mathbf{v}) = 0$ , ao mesmo tempo que são correlacionadas com os regressores endógenos.<sup>41</sup> A condição de exogeneidade dos instrumentos é teórica: o usuário do método MQ2E deve convencer o leitor que as variáveis geográficas são independentes do termo de erro. Ao contrário de outras aplicações, a exogeneidade das variáveis geográficas não deve causar polêmica – a geografia é fixa, completamente exógena em relação às outras variáveis do modelo.

A contrapartida empírica da eq. [23] pode ser formulada da seguinte forma:

$$\log[Kpc_{it}] = \beta_0 + \beta_1 \log[Hpc_{it}] + \beta_2 \log[IQIM_i] + \beta_3 \mathbf{X}_{it} + \eta_{it} \quad [30]$$

$\log[Kpc_{it}]$  e  $\log[Hpc_{it}]$  são os logaritmos do capital físico *per capita* e do capital humano *per capita* do município *i* no ano *t*, respectivamente;  $\log[IQIM_i]$  é o logaritmo do IQIM do município *i* (constante no tempo);  $\mathbf{X}_{it}$ , o vetor de variáveis de controle. A depender da especificação, o vetor de controle pode conter: (i) *dummies*

<sup>40</sup> Pereira *et al.* (2010) utilizam como instrumentos: latitude, precipitação e temperatura. Não utilizam a altitude. Também fazem regressões alternativas utilizando o fracionamento étnico (IDEB). Os autores assumem que somente a qualidade institucional (IQIM) é endógena.

<sup>41</sup> A condição é mais restrita. Supondo um instrumento escalar (*z*), ele deve ter coeficiente estatisticamente diferente de zero na regressão da variável endógena no modelo estrutural (digamos,  $x_j$ ) contra o instrumento e todas as variáveis exógenas, i.e., na regressão de  $x_j$  contra (*z*, *h*) (*h* é o subvetor dos regressores *x* que são exógenos). Esta restrição deve ser cumprida também em modelos sobre-identificados.

estaduais, visando capturar características dos estados aos quais os municípios pertencem; (ii) participação do valor adicionado da indústria (construção, extrativa, transformação e serviços de utilidade pública) no PIB municipal, como *proxy* da participação do capital reprodutível na renda municipal ( $\alpha^r$ ); índice de desigualdade, que testa se a desigualdade de renda, *per se*, tem algum impacto na quantidade ou acumulação do capital físico. Por fim, serão incluídas em todas as especificações *dummies* de tempo (quebras estruturais). O interesse maior está nas estimativas dos coeficientes  $\beta_1$  e  $\beta_2$ .

A equação empírica da dinâmica do capital físico é diferente da equação anterior pela mudança da variável dependente e inclusão do logaritmo do capital físico ( $\log[Kpc_{it}]$ ) no conjunto de regressores:<sup>42</sup>

$$DKpc_{it} = \beta'_0 + \beta'_1 \log[Kpc_{it}] + \beta'_2 \log[Hpc_{it}] + \beta'_3 \log[IQIM_i] + \beta'_4 X_{it} + \eta'_{it} \quad [31]$$

$DKpc_{it}$  é a taxa média (% a.a.) de variação do capital residencial urbano *per capita* na década imediatamente seguinte ao ano  $t$ .<sup>43</sup> O interesse continua sendo sobre os impactos do capital humano e da qualidade das instituições ( $\beta'_2$  e  $\beta'_3$ ). O vetor  $X_{it}$  pode conter as mesmas variáveis de controle já assinaladas. Nas estimações da eq. [30] o painel contém três observações de tempo (1980, 1991 e 2000); em eq. [31], o painel é composto apenas de duas: 1980 e 1991 (para as variáveis explicativas – ver nota de rodapé n. 43).

O método MQ2E requer dois blocos de regressões. Primeiramente estimam-se as variáveis endógenas à partir dos instrumentos e das variáveis exógenas do modelo estrutural – aproveitando todas as condições de exogeneidade disponíveis.<sup>44</sup> O primeiro estágio será composto duas regressões,  $\log[Hpc]$  e  $\log[IQIM]$  contra as demais variáveis exógenas do modelo estrutural:

$$\log[Hpc_{it}] = \gamma_0 + \gamma_1 Z_i + \gamma_2 X_{it} + w_{it} \quad [32]$$

<sup>42</sup> Supõe-se, *a priori*, que  $\beta'_1 < 0$ .

<sup>43</sup> Quando  $t = 1$  (1980),  $DKpc_{i1}$  mede a taxa de variação do capital residencial urbano *per capita* do município  $i$  no período 1980-1991. Se  $t = 2$  (1991),  $DKpc_{i2}$  mede a taxa de variação do capital residencial urbano *per capita* do município  $i$  no período 1991-2000.

<sup>44</sup> Seja o vetor  $w$  o conjunto de variáveis contendo as variáveis exógenas em relação ao termo de erro na eq. [30] (tanto o conjunto de regressores exógenos quanto os instrumentos). O MQ2E deve aproveitar todas as condições em que  $E(w.v) = 0$ .

$$\log[IQIM_i] = \gamma'_0 + \gamma'_1 \mathbf{Z}_i + \gamma'_2 \mathbf{X}_{it} + w'_{it} \quad [33]$$

O vetor  $\mathbf{Z}$  representa os quatros instrumentos geográficos – sendo  $E(\mathbf{z}.\boldsymbol{\eta}) = 0$  e  $E(\mathbf{z}.\boldsymbol{\eta}') = 0$ . As variáveis de controle, contidas no vetor  $\mathbf{X}$ , também são tidas exógenas em relação aos termos de erro das equações estruturais, i.e.,  $E(\mathbf{X}.\boldsymbol{\eta}) = 0$  e  $E(\mathbf{X}.\boldsymbol{\eta}') = 0$ .<sup>45</sup> Satisfeitas tais condições, é possível substituir os valores estimados pelas eq. [32] e [33] nas eq. [30] e [31]. Os valores dos coeficientes de  $\log[Hpc]$  e  $\log[IQIM]$  dos modelos estruturais são estimados consistentemente quando substituídos pelos valores previstos  $\log[\widehat{Hpc}_{it}]$  e  $\log[\widehat{IQIM}_i]$  das eq. [32] e [33]; o que de fato é feito no segundo estágio:

$$\log[Kpc_{it}] = \delta_0 + \delta_1 \log[\widehat{Hpc}_{it}] + \delta_2 \log[\widehat{IQIM}_i] + \delta_3 \mathbf{X}_{it} + \xi_{it} \quad [34]$$

$$\begin{aligned} DKpc_{it} = & \delta'_0 + \delta'_1 \log[Kpc_{it}] + \delta'_2 \log[\widehat{Hpc}_{it}] + \delta'_3 \log[\widehat{IQIM}_i] + \delta'_4 \mathbf{X}_{it} \\ & + \xi'_{it} \end{aligned} \quad [35]$$

---

<sup>45</sup> Naturalmente, controlando por outros efeitos que causam correlação entre variáveis explicativas e termo de erro (e.g., variáveis omitidas).

## 5 RESULTADOS

### 5.1 NÍVEL

A Tabela 3 apresenta os resultados do MQO empilhado. Na esquerda da tabela aparecem os regressores: *d1991* e *d2000* são as *dummies* de tempo para os períodos 2 (1991) e 3 (2000);  $\log[Hpc]$  é o logaritmo do capital humano *per capita* (variável entre os municípios e ao longo do tempo);  $\log[IQIM]$  é o logaritmo do índice de qualidade institucional municipal (variável entre municípios e constante no tempo);  $\log[Ind]$  é o logaritmo da participação da indústria no PIB municipal em 1980 (também constante ao longo do tempo). *Theil* é o índice de desigualdade (variável no tempo e entre os municípios). *Dum Est.* Compreende o teste *F* de significância conjunta das unidades federativas – 25 estados e o Distrito Federal.<sup>46</sup>

O capital humano *per capita* se mostra positivo e significativo em todas as especificações. O valor do coeficiente de  $\log[Hpc]$  é declinante à medida que se inclui novos regressores (a partir da coluna [1] em direção à coluna [5]). As variáveis incluídas são positivamente correlacionadas com o capital humano: as primeiras especificações sofrem do problema de variáveis omitidas, gerando viés positivo nos seus coeficientes. Na coluna [5], o aumento em 10% do capital humano *per capita* está associado com um aumento de 23,4% na quantidade de capital físico *per capita*.

Os impactos do IQIM são bem mais modestos, mas os coeficientes desse regressor também são estatisticamente significativos nas cinco especificações da tabela. Contudo, a inclusão das *dummies* estaduais causa uma grande redução do impacto institucional: na coluna [4], o aumento de 10% no índice está associado à uma elevação de 1,1% na variável dependente; este valor cair para 0,6% na coluna [5] – redução de aproximadamente 45 por cento.

As especificações das colunas [3] a [5] mostram que a *proxy* do capital reproduzível – participação da indústria no PIB municipal – também tem poder de explicação sobre a variável dependente. O regressor  $\log[Ind]$  é positivo e significativo. Na especificação da última coluna, um aumento em 10% desse

---

<sup>46</sup> O estado de São Paulo é utilizado como referência.

regressor implica em elevação 0,8% no nível de capital *per capita*. As duas últimas colunas incluem, ainda, o índice de desigualdade de *theil*, cujo aumento marginal, na especificação [4], resulta em um aumento de 0,2% no nível do capital *per capita*. Após a inclusão das *dummies*, o índice de desigualdade também perde a significância estatística.

TABELA 3 – NÍVEL DE CAPITAL FÍSICO (MQO)

	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]
<i>Variável dependente: log [Kpc]</i>					
<i>d1991</i>	-0,732*** (0,011)	-0,723*** (0,012)	-0,655*** (0,012)	-0,645*** (0,012)	-0,545*** (0,012)
<i>d2000</i>	-1,213*** (0,014)	-1,195*** (0,015)	-0,976*** (0,016)	-0,967*** (0,016)	-0,747*** (0,018)
<i>Log [Hpc]</i>	2,912*** (0,015)	2,883*** (0,017)	2,682*** -0,019	2,698*** (0,019)	2,345*** (0,025)
<i>Log [IQIM]</i>		0,073*** (0,027)	0,108*** (0,029)	0,112*** (0,029)	0,058** (0,026)
<i>Log [Ind]</i>			0,055*** (0,003)	0,054*** (0,003)	0,088*** (0,003)
<i>Theil</i>				-0,228*** (0,033)	-0,047 (0,030)
<i>Dum Est.</i> ( <i>test F; prob</i> )					136,8*** (0E+00)
<i>teste DHW:</i> ( <i>teste F; prob</i> )	<i>Hpc:</i> 0,385 (0,535)	<i>Hpc, IQIM:</i> 26,3*** (0E+00)	<i>Hpc, IQIM:</i> 32,28*** (0E+00)	<i>Hpc, IQIM:</i> 29,09*** (0E+00)	<i>Hpc, IQIM:</i> 1,413 (0,243)
<i>R</i> <sup>2</sup>	0.76	0.76	0.79	0.80	0.85
<i>n</i>	13589	10847	11647	11646	11646

Nota (1) (\*\*\*) significativo a 1%. (\*\*) Significativo a 5%. (\*) Significativo a 1%.

Nota (2) *d1991* e *d2000* são *dummies* para os anos de 1991 e 2000, respectivamente. *log[Hpc]*: logaritmo do capital humano *per capita*; *log[IQIM]*: logaritmo do IQIM; *log[Ind]*: logaritmo da participação da indústria no PIB municipal em 1980; *Theil*: índice de desigualdade de *theil*. *Dum Est*: teste *F* das *dummies* estaduais.

A coluna [5] mostra a melhor especificação que, daqui por diante, será referida como “especificação completa” – ela contém *proxies* para capital humano, qualidade institucional e participação do capital reprodutível na renda, além das *dummies* estaduais (que capturam efeitos específicos) e do índice de desigualdade de *theil*.<sup>47</sup>

<sup>47</sup> Se a razão de preços ( $P_y/P_k$ ) dos municípios seguir um padrão característico do estado ao qual pertence, então as *dummies* retiram esse efeito do termo de erro, reduzindo o problema de variável omitida.



Por fim, os resultados da Tabela 3 apresentam testes de endogeneidade de Hausman. Curiosamente, o teste não rejeita a hipótese nula de exogeneidade do  $\log[Hpc]$  no modelo [1]. Quando se inclui  $\log[IQIM]$ , nas especificações de [2] a [4], o teste mostra que os regressores de capital humano e qualidade institucional são, em conjunto, endógenos. Com a inclusão das *dummies* estaduais, os regressores voltam a ser exógenos.

Os resultados apresentados na Tabela 3 estão de acordo com o esperado pela teoria: as variáveis relevantes no modelo teórico são estatisticamente significativas e apresentam os sinais corretos. Nota-se que o impacto de um incremento marginal do capital humano é muito superior à uma melhora marginal da qualidade institucional, apesar disso não significar que o primeiro é mais importante para a acumulação de capital do que o segundo. As *dummies* estaduais, que captam efeitos específicos, são altamente significativas, indicando que existem características peculiares dos municípios que não estão ligadas às dotações de qualidade institucional, capital humano ou do parâmetro que mede o capital reproduzível.

A Tabela 4 apresenta cinco regressões da especificação completa. Cada regressão é estimada para um subgrupo da amostra total, e cada subgrupo representa um intervalo populacional. Por exemplo, a primeira coluna representa a estimação da especificação completa para o grupo de municípios com população até 5.089 habitantes; a última coluna representa a estimação da especificação completa para o grupo de municípios com população superior à 28.190 habitantes. A amostra total foi dividida em cinco quintis populacionais (ver nota na Tabela 4). O objetivo do experimento da tabela é explorar os impactos das variáveis explicativas em cada grupo populacional. Nos municípios mais populosos as relações entre os agentes econômicos é bem mais formal. As regras parecem ser menos flexíveis e impessoais – requerendo um funcionamento adequado e constante do mercado e das relações sociais. Por outro lado, municípios menores que possuem boas instituições podem ser atrativos à novos investimentos.

O coeficiente do capital humano é positivo e significativo em todas as especificações. O aumento marginal desse regressor gera um impacto que varia entre 1,9 e 2,6 por cento no nível de capital *per capita*. O padrão de magnitude do coeficiente, à medida em que se aumenta a população média dos municípios, se assemelha à uma parábola: começa ascendente, atinge um máximo, e decresce;

sem atingir os valores iniciais. O valor máximo é atingido no grupo populacional da coluna [3], cujo intervalo compreende os municípios entre 9.161 e 15.196 habitantes.

TABELA 4 – NÍVEL DE CAPITAL FÍSICO, GRUPOS POPULACIONAIS (MQO)

	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]
Variável dependente: $\log [Kpc]$					
<i>d1991</i>	-0.380*** (0.032)	-0.508*** (0.029)	-0.618*** (0.027)	-0.599*** (0.025)	-0.503*** (0.020)
<i>d2000</i>	-0.348*** (0.049)	-0.628*** (0.046)	-0.878*** (0.043)	-0.902*** (0.038)	-0.721*** (0.034)
<i>Log [Hpc]</i>	1.914*** (0.069)	2.304*** (0.066)	2.580*** (0.059)	2.533*** (0.054)	2.097*** (0.059)
<i>Log [IQIM]</i>	0.201*** (0.064)	0.096* (0.056)	0.016 (0.056)	0.011 (0.057)	-0.052 (0.053)
<i>Log [Ind]</i>	0.052*** (0.006)	0.063*** (0.007)	0.077*** (0.007)	0.080*** (0.006)	0.107*** (0.010)
<i>Theil</i>	-0.007 (0.065)	-0.100 (0.066)	-0.129* (0.071)	0.002 (0.059)	-0.238*** (0.084)
<i>Dum Est.</i> ( <i>test F; prob</i> )	36.9*** (0E+00)	59.6*** (0E+00)	40.3*** (0E+00)	222.4*** (0E+00)	24.22*** (0E+00)
<i>R</i> <sup>2</sup>	0.78	0.82	0.83	0.87	0.89
<i>n</i>	1815	2251	2411	2540	2629

Nota (1) (\*\*\*) significativo a 1%. (\*\*) Significativo a 5%. (\*) Significativo a 1%.

Nota (2) *d1991* e *d2000* são *dummies* para os anos de 1991 e 2000, respectivamente. *log[Hpc]*: logaritmo do capital humano *per capita*; *log[IQIM]*: logaritmo do IQIM; *log[Ind]*: logaritmo da participação da indústria no PIB municipal em 1980; *Theil*: índice de desigualdade de *theil*. *Dum Est*: teste *F* das *dummies* estaduais.

Nota (3) coluna [1]: até 5.089 habitantes; coluna [2]: entre 5.089 e 9.161 habitantes; coluna [3]: entre 9.161 e 15.196 habitantes; coluna [4]: entre 15.196 e 28.190 habitantes; coluna [5] acima de 28.190 habitantes.

O padrão do *log[IQIM]* é distinto do descrito no parágrafo anterior. Apesar de ser significativo na amostra completa, o regressor perde significância nas três últimas especificações da Tabela 4, i.e., nos municípios mais populosos. As especificações [3] e [4] ainda apresentam sinais positivos; que é invertido no coeficiente da última coluna.

Os coeficientes do regressor *log[Ind]* são positivos e altamente significativos em todas as especificações da tabela. Em média, os impactos da participação da indústria são maiores nos municípios mais populosos. O impacto de um aumento de 10% na variável explicativa passa de 0,5 para 1,1 por cento, entre as especificações [1] e [5]. O índice de *theil*, com exceção da especificação [4] (entre 15.196 e 28.190 habitantes), aparece sempre negativo. A significância estatística, no

entanto, é verificada apenas nas especificações [3] (entre 9.161 e 15.196 habitantes) e [5] (acima de 28.190). Por fim, os efeitos específicos estaduais são sempre altamente significativos em todos os níveis de população.

A Tabela 5 analisa a especificação completa separadamente nas cinco regiões geopolíticas do país. Assim como nas tabelas anteriores, esta também inclui as *dummies* de tempo (1991 e 2000) – com coeficientes negativos – os quais indicam que a quantidade de equilíbrio do capital físico *per capita* tende a ser menor, *ceteris paribus*, nas duas últimas décadas (em comparação com o ano base, 1980): na década de 1980 ocorre a etapa final da política de substituição de importações e reorganização econômica presente desde o pós-guerra e aprofundado na década de 1970, no II PND do governo Geisel.

TABELA 5 – NÍVEL DE CAPITAL FÍSICO, REGIÕES GEOPOLÍTICAS (MQO)

	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]
Variável dependente: Log [ <i>Kpc</i> ]						
Região:	<i>Brasil</i>	<i>Norte</i>	<i>Nordeste</i>	<i>Sudeste</i>	<i>Sul</i>	<i>C-Oeste</i>
<i>d1991</i>	-0.545*** (0.012)	-0.641*** (0.067)	-0.511*** (0.023)	-0.531*** (0.015)	-0.595*** (0.026)	-0.640*** (0.039)
<i>d2000</i>	-0.747*** (0.018)	-0.998*** (0.091)	-0.750*** (0.040)	-0.718*** (0.022)	-0.697*** (0.036)	-0.933*** (0.063)
Log [ <i>Hpc</i> ]	2.345*** (0.025)	2.568*** (0.105)	2.269*** (0.056)	2.183*** (0.032)	2.621*** (0.051)	2.480*** (0.084)
Log [ <i>IQIM</i> ]	0.058** (0.026)	0.064 (0.104)	0.126*** (0.041)	0.075* (0.040)	-0.266*** (0.063)	0.155* (0.086)
Log [ <i>Ind</i> ]	0.089*** (0.003)	0.065*** (0.015)	0.099*** (0.006)	0.079*** (0.004)	0.116*** (0.007)	0.058*** (0.010)
<i>Theil</i>	-0.047 (0.030)	0.319* (0.187)	0.268*** (0.062)	-0.210*** (0.047)	-0.313*** (0.065)	0.129 (0.101)
Dum Est. ( <i>test F; prob</i> )	136,8*** (0E+00)	8,60*** (0E+00)	61,13*** (0E+00)	40,07*** (0E+00)	7,98*** (4E-04)	17,71*** (0E+00)
R <sup>2</sup>	0.85	0.73	0.72	0.82	0.78	0.78
n	11646	596	3961	4109	2151	829

Nota (1) (\*\*\*) significativo a 1%. (\*\*) Significativo a 5%. (\*) Significativo a 1%.

Nota (2) *d1991* e *d2000* são *dummies* para os anos de 1991 e 2000, respectivamente. *log[Hpc]*: logaritmo do capital humano *per capita*; *log[IQIM]*: logaritmo do IQIM; *log[Ind]*: logaritmo da participação da indústria no PIB municipal em 1980; *Theil*: índice de desigualdade de *theil*. *Dum Est*: teste *F* das *dummies* estaduais.

Nota (3) coluna [1]: até 5.089 habitantes; coluna [2]: entre 5.089 e 9.161 habitantes; coluna [3]: entre 9.161 e 15.196 habitantes; coluna [4]: entre 15.196 e 28.190 habitantes; coluna [5] acima de 28.190 habitantes.

O papel da desigualdade entre as regiões é bastante diferenciado. No sudeste e no sul, afeta negativamente a acumulação de capital de forma

estatisticamente significativa. No norte e nordeste, seu valor foi positivo e significativo (centro-oeste apresenta coeficientes não significativos). Este resultado pode ser reflexo de diferentes graus de desenvolvimento das regiões. O modelo de Galor e Moav (2004), por exemplo, mostra que em economias subdesenvolvidas, a desigualdade pode ter um efeito benéfico sobre a acumulação de capital físico. Somente após certo estágio de desenvolvimento – se a produtividade marginal do capital cair mais rapidamente que a do capital humano – a desigualdade passa a reduzir a velocidade do crescimento econômico, pois impede acumulação de capital humano em mercados financeiros imperfeitos. O efeito adverso da desigualdade sobre a quantidade de capital físico pode resultar de um efeito indireto: a desigualdade reuz a velocidade de acumulação de capital humano nas regiões desenvolvidas; que sendo um fator complementar ao capital físico, sua acumulação mais lenta afeta negativamente a quantidade acumulada também do deste último.

Assim como na amostra total, na divisão por regiões o capital humano continuou com impacto elevado. Em três regiões o impacto de um aumento marginal é maior do que o encontrado para o Brasil: sul (2,6%), norte (2,6%) e centro-oeste (2,5%). Abaixo da média estão o nordeste (2,3%) e o sudeste (2,2%). Não parece existir uma relação entre o impacto do capital humano e o nível de renda das regiões: sul e sudeste, as mais desenvolvidas, têm o maior e menor impacto, respectivamente.

O índice de qualidade institucional municipal mostra-se significativo nas regiões nordeste, sudeste e centro-oeste, sendo esta última a região onde as melhorias institucionais tem maior impacto sobre o regressando: 0,15 contra 0,075 da região sudeste. Na região norte, o índice não é significativo; e o resultado da região sul é difícil de ser explicado – negativo e estatisticamente significativo.

A análise entre as regiões geopolíticas mostra, ainda, que as *dummies* estaduais continuam a ser significativas. Mais uma vez, podem estar refletindo a razão de preços; estoques de recursos primários; além de outras idiosincrasias ou políticas públicas. O peso da indústria tem sinal positivo e altamente significativo; e seus impactos são maiores nas regiões nordeste e sul.

Apesar do teste de endogeneidade DWH (apresentado na Tabela 3) não ter indicado que o capital humano e o IQIM são endógenos (na especificação completa), a literatura utilizada no referencial teórico geralmente considera as duas variáveis como tal. A endogeneidade desses regressores se dá, em geral, em

regressões onde a variável dependente é o nível de renda *per capita*. Hall e Jones (1999) mostram que os fatores de produção afetam a renda; assim como as “*social infrastructures*” (instituições e políticas governamentais). Mas as instituições também influenciam os incentivos à acumulação de fatores. Também é provável que o aumento da renda afete as instituições: economias mais ricas são capazes de arcar com instituições melhores (inviáveis nas economias mais pobres). Maiores investimentos em capital físico também auxiliam na formação de instituições e de capital humano, além de afetar a produtividade marginal do último. Dessas relações de bicausalidade, pode-se concluir que a relação entre capital humano, capital físico e instituições também é simultânea.

A Tabela 6 apresenta os resultados do método MQ2E, calculado de acordo com as eq. [32], [33] e [34]. A seção metodológica já expôs os detalhes do método – quais variáveis são endógenas, quais exógenas, assim como os instrumentos utilizados. A partes central e inferior da tabela mostram algumas estatísticas do primeiro estágio, dividida em dois blocos, um para cada regressão (i.e., uma regressão do  $\log[Hpc]$  e outro do  $\log[IQIM]$ ). A tabela mostra apenas as estatísticas das variáveis geográficas: coeficientes, erros-padrão e testes de validade dos instrumentos. Instrumentos fracos acarretam perda de eficiência do estimador, com coeficientes estatisticamente não significativos no segundo estágio.

TABELA 6 – NÍVEL DE CAPITAL FÍSICO (MQ2E)

	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]
*****SEGUNDO ESTÁGIO					
	<i>variável dependente: log [Kpc]</i>				
<i>d1991</i>	-0.715*** (0.013)	-0.555*** (0.025)	-0.631*** (0.022)	-0.626*** (0.022)	-0.553*** (0.033)
<i>d2000</i>	-1.144*** (0.018)	-0.817*** (0.048)	-0.927*** (0.042)	-0.929*** (0.042)	-0.763*** (0.067)
<i>Log [Hpc]</i> <i>prev. 1º estag.</i>	2.858*** (0.023)	2.355*** (0.072)	2.609*** (0.062)	2.645*** (0.062)	2.366*** (0.100)
<i>Log [IQIM]</i> <i>prev. 1º estag.</i>		0.908*** (0.126)	0.475*** (0.115)	0.435*** (0.115)	-0.327 (0.282)
<i>Log [Ind]</i>			0.051*** (0.003)	0.050*** (0.003)	0.094*** (0.005)
<i>Theil</i>				-0.259*** (0.034)	-0.011 (0.037)
<i>Dum Est.</i> <i>(test F; prob)</i>					3164*** (0E+00)
<i>R<sup>2</sup></i>	0.77	0.75	0.79	0.79	0.84

n	13057	13057	11647	11646	11646
*****PRIMEIRO ESTÁGIO					
<i>Variável dependente: log [Hpc]</i>					
<i>Latitude</i>	0.032*** (0.000)	0.032*** (0.000)	0.034*** (0.000)	0.033*** (0.000)	0.029*** (0.001)
<i>Temperatura</i>	0.040*** (0.001)	0.040*** (0.001)	0.049*** (0.001)	0.047*** (0.001)	0.043*** (0.002)
<i>Precip. Pluviom.</i>	0.001*** (0.000)	0.001*** (0.000)	0.001*** (0.000)	0.001*** (0.000)	0.001*** (0.000)
<i>Altitude</i>	0.000*** (0.000)	0.000*** (0.000)	0.000*** (0.000)	0.000*** (0.000)	0.000*** (0.000)
Instrumentos: (teste <i>F</i> ; <i>prob</i> )	3190*** (0E+00)	3190*** (0E+00)	3412*** (0E+00)	3360*** (0E+00)	219.7*** (0E+00)
$R^2$	0.74	0.74	0.8	0.8	0.84
$R^{2*}$	0.48	0.48	0.53	0.53	0.08
<i>Variável dependente: log [IQIM]</i>					
<i>Latitude</i>	- (0.000)	0.012*** (0.000)	0.012*** (0.000)	0.012*** (0.000)	0.005*** (0.001)
<i>Temperatura</i>	- (0.001)	-0.001 (0.001)	0.001 (0.001)	0.000 (0.001)	0.006*** (0.001)
<i>Precip. Pluviom.</i>	- (0.000)	0.001*** (0.000)	0.000*** (0.000)	0.000*** (0.000)	0.001*** (0.000)
<i>Altitude</i>	- (0.000)	-0.000 (0.000)	0.000*** (0.000)	0.000** (0.000)	0.000*** (0.000)
Instrumentos: (teste <i>F</i> ; <i>prob</i> )	- (0E+00)	1469*** (0E+00)	1173*** (0E+00)	1162*** (0E+00)	36.97*** (0E+00)
$R^2$	-	0.32	0.33	0.34	0.39
$R^{2*}$	-	0.32	0.30	0.30	0.01
Autovalor mín.	2988	109.7	123.1	122.5	22.76
Valor crítico	16.58	11.04	11.04	11.04	11.04
Viés MQ2E	<5%	<5%	<5%	<5%	<5%

Nota (1) (\*\*\*) significativo a 1%. (\*\*) Significativo a 5%. (\*) Significativo a 1%.

Nota (2) d1991 e d2000 são *dummies* para os anos de 1991 e 2000, respectivamente. *log[Hpc]*: logaritmo do capital humano *per capita*; *log[IQIM]*: logaritmo do IQIM; *log[Ind]*: logaritmo da participação da indústria no PIB municipal em 1980; *Theil*: índice de desigualdade de *theil*. *Dum Est*: teste *F* das *dummies* estaduais.

Logo após os coeficientes e erros-padrão, é apresentado o teste *F*, que na hipótese nula os quatro instrumentos geográficos têm, em conjunto, coeficientes estatisticamente iguais a zero. Tanto nas regressões do *log[Hpc]* quanto nas regressões de *log[IQIM]*, a hipótese nula é rejeitada à 1% de significância. Contudo, fica evidente a queda no valor da estatística *F* na última coluna, quando são incluídas as *dummies* estaduais. Em seguida, são apresentadas as medidas de  $R^2$  e  $R^{2*}$ . Esta última é definida como sendo a proporção da variação da variável

dependente explicada pelos instrumentos, i.e., após a retirada das influências das outras variáveis exógenas (omitidas). No primeiro estágio do  $\log[Hpc]$  – nas quatro primeiras colunas – o  $R^{2*}$  correspondia entre 65 e 66 por cento do  $R^2$ . O valor cai para 10% na coluna [5]. Nas regressões do  $\log[IQIM]$ , esta proporção ficou acima de 88%, caindo, na última coluna, para 3%. A perda de eficiência das estimativas em MQ2E após a inclusão das *dummies* também pode ser verificada nos coeficientes e erros-padrão dos instrumentos. O coeficiente da latitude, por exemplo, variável com maior correlação com as variáveis  $\log[Hpc]$  e  $\log[IQIM]$ , apresenta uma redução de 12 e 58 por cento, respectivamente.

A estatística “autovalor”, ao final da tabela, corresponde ao autovalor mínimo de uma matriz, sendo análoga ao teste  $F$  dos instrumentos. Segundo Cameron e Trivedi (2005), um valor baixo dessa estatística pode indicar fraqueza dos instrumentos. A hipótese nula, de que os instrumentos são fracos, é testada contra a hipótese alternativa. É necessário escolher o viés máximo (do estimador MQ2E) aceitável para se fazer o teste. Se o autovalor mínimo for menor que o valor crítico, não se rejeita a hipótese de nula. Os valores calculados do “autovalor mínimo”, na Tabela 6, ficam sempre acima dos autovalores críticos, indicando que o viés do MQ2E está sempre abaixo de 5%.

A parte superior da Tabela 6 apresenta os coeficientes e respectivos erros-padrão dos regressores no segundo estágio. Os regressores do  $\log[Hpc]$  e  $\log[IQIM]$  são as estimativas calculadas no primeiro estágio. A mudança do  $\log[Hpc]$  em relação ao MQO é mínima: basicamente os intervalos das cinco especificações do MQO (Tabela 3) é o mesmo das especificações MQ2E. as estimativas de erro-padrão, por outro lado, sofrem uma forte elevação – na coluna [5], por exemplo, o erro-padrão da variável  $\log[Hpc]$  instrumentalizada é cerca de quatro vezes o valor da mesma estatística MQO. Os variáveis de controle – *dummies* de tempo,  $\log[Ind]$  e *theil* – também não sofrem alterações significativas.

O MQ2E aumenta bastante o efeito do regressor  $\log[IQIM]$ . De acordo com os resultados da tabela, a elevação em 10% da qualidade institucional é responsável, *ceteris paribus*, por elevações que variam entre 4,3% e 9%, a depender da especificação (para os valores estatisticamente significativos). Na especificação [4], o coeficiente MQ2E da variável institucional é quase quatro vezes superior ao valor calculado na Tabela 3; o mesmo acontecendo com o erro-padrão. Na

especificação [5], a estimativa do erro-padrão é cerca de 10 vezes superior ao erro-padrão da mesma especificação na Tabela 3 – tirando a significância estatística do coeficiente  $\log[IQIM]$  na última coluna da Tabela 6.

Na Tabela 7 são apresentados os resultados das estimações, grupo populacional, através do método das variáveis instrumentais. Os testes  $F$  rejeitam a hipótese nula de insignificância estatística dos instrumentos – mas assim como na tabela anterior, a presença das *dummies* prejudica a eficiência das estimativas MQ2E. Os valores  $R^{2*}$  são todos muito baixos em relação ao  $R^2$  tradicional. O primeiro estágio do IQIM é o mais prejudicado: muitas vezes os instrumentos são individualmente não significativos. É o caso do principal instrumento, a latitude, com coeficiente não significativo nas colunas [3] e [5]. O capital humano, apesar de sofrer com a inclusão das *dummies*, possui regressões melhores. Isto é constatado no segundo estágio. Apesar dos desvios-padrão das variáveis instrumentalizadas serem muitas vezes superiores aos valores estimados em MQO – tanto para o IQIM quanto para o capital humano – o fator de aumento é sempre muito maior para o regressor  $\log[IQIM]$  do que para  $\log[Hpc]$ .

O aumento dos erros-padrão torna os coeficientes da qualidade institucional nas colunas [1] e [2] não significativos. Ademais, ao contrário dos mínimos quadrados ordinários, os municípios mais populosos tendem a sofrer um impacto bem maior do aumento marginal do IQIM; exceção, os municípios da coluna [3], cujo coeficiente negativo e significativo não faz sentido econômico. Os municípios da coluna [4], apresentando um coeficiente cerca de 430 vezes o valor calculado no MQO, também é muito distoante dos resultados gerais.

TABELA 7 – NÍVEL DE CAPITAL FÍSICO, GRUPOS POPULACIONAIS (MQ2E)

	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]
*****SEGUNDO ESTÁGIO					
	<i>variável dependente: log [Kpc]</i>				
<i>d1991</i>	-0.444*** (0.079)	-0.441*** (0.079)	-0.836*** (0.097)	-0.090 (0.146)	-0.343*** (0.057)
<i>d2000</i>	-0.475*** (0.151)	-0.491*** (0.157)	-1.326*** (0.203)	0.281 (0.331)	-0.376*** (0.115)
<i>Log [Hpc]</i> <i>prev. 1º estag.</i>	2.109*** (0.221)	2.094*** (0.235)	3.236*** (0.306)	0.691 (0.511)	1.543*** (0.178)
<i>Log [IQIM]</i> <i>prev. 1º estag.</i>	0.581 (0.519)	0.859 (0.537)	-1.688*** (0.498)	4.737*** (1.410)	0.789* (0.408)
<i>Log [Ind]</i>	0.050***	0.065***	0.066***	0.113***	0.137***



	(0.007)	(0.009)	(0.013)	(0.021)	(0.014)
<i>Theil</i>	-0.044	-0.068	-0.180*	0.318**	-0.061
	(0.074)	(0.075)	(0.102)	(0.157)	(0.116)
<i>Dum Est.</i>	697***	1314***	653***	1088***	564***
( <i>test F; prob</i> )	(0E+00)	(0E+00)	(0E+00)	(0E+00)	(0E+00)
$R^2$	0.78	0.80	0.76	0.36	0.87
<i>n</i>	1815	2251	2411	2540	2629

\*\*\*\*\*PRIMEIRO ESTÁGIO

<i>Variável dependente: log [Hpc]</i>					
<i>Latitude</i>	0.043***	0.032***	0.023***	0.028***	0.025***
	(0.005)	(0.003)	(0.003)	(0.003)	(0.004)
<i>Temperatura</i>	0.052***	0.042***	0.032***	0.044***	0.042***
	(0.004)	(0.003)	(0.003)	(0.004)	(0.004)
<i>Precip. Pluviom.</i>	0.002***	0.001***	0.001***	0.002***	0.002***
	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)
<i>Altitude</i>	0.000***	0.000***	0.000***	0.000***	0.000***
	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)
<i>Instrumentos:</i>	48.1***	51.6***	31.3***	60.6***	49.1***
( <i>teste F; prob</i> )	(0E+00)	(0E+00)	(0E+00)	(0E+00)	(0E+00)
$R^2$	0.87	0.88	0.88	0.88	0.82
$R^{2*}$	0.08	0.07	0.05	0.04	0.05

<i>Variável dependente: log [IQIM]</i>					
<i>Latitude</i>	-	0.011***	0.004	0.009***	0.001
	-	(0.003)	(0.003)	(0.003)	(0.003)
<i>Temperatura</i>	-	0.007**	0.004	0.006**	-0.002
	-	(0.004)	(0.003)	(0.003)	(0.003)
<i>Precip. Pluviom.</i>	-	0.001***	0.000***	0.001***	0.001***
	-	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)
<i>Altitude</i>	-	0.000	0.000***	0.000	-0.000***
	-	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)
<i>Instrumentos:</i>	-	10.33***	11.23***	8.75***	18.71***
( <i>teste F; prob</i> )	-	(0E+00)	(0E+00)	(0E+00)	(0E+00)
$R^2$	-	0.41	0.42	0.44	0.41
$R^{2*}$	-	0.01	0.02	0.01	0.02
<i>Autovalor mín.</i>	2988	109.7	123.1	122.5	22.76
<i>Valor crítico</i>	16.58	11.04	11.04	11.04	11.04
<i>Viés MQ2E</i>	<5%	<5%	<5%	<5%	<5%

Nota (1) (\*\*\*) significativo a 1%. (\*\*) Significativo a 5%. (\*) Significativo a 1%.

Nota (2) d1991 e d2000 são *dummies* para os anos de 1991 e 2000, respectivamente. *log[Hpc]*: logaritmo do capital humano *per capita*; *log[IQIM]*: logaritmo do IQIM; *log[Ind]*: logaritmo da participação da indústria no PIB municipal em 1980; *Theil*: índice de desigualdade de *theil*. *Dum Est*: teste *F* das *dummies* estaduais.

Nota (3) coluna [1]: até 5.089 habitantes; coluna [2]: entre 5.089 e 9.161 habitantes; coluna [3]: entre 9.161 e 15.196 habitantes; coluna [4]: entre 15.196 e 28.190 habitantes; coluna [5] acima de 28.190 habitantes.

Os impactos estimados do capital humano, por outro lado, parecem muito mais próximos com os resultados anteriores. Com exceção do coeficiente da coluna [4], todos são positivos e significativos e apresentam a mesma tendência de elevação entre os grupos populacionais [1]-[3] e posterior redução em [4]-[5]. Dos coeficientes significativos, permanecem no intervalo de 25% (para cima ou para baixo) dos valores da Tabela 4.

O modelo teórico, que culminou na equação do nível de capital físico *per capita*, foi testado a partir das equações empíricas [30] e [34] pelos métodos de mínimos quadrados ordinários e mínimos quadrados em dois estágios. Os resultados gerais são aqueles das Tabelas 3 e 6. Nessas tabelas, o capital humano permaneceu significativo em todas as especificações e seu aumento marginal esteve associado com uma elevação da variável dependente entre 2,3%-2,9% (Tabela 3) e 2,4%-2,9% (Tabela 6). A *proxy* da qualidade institucional, IQIM, obteve resultados significativos nas especificações; com exceção daquelas que incluíam *dummies* estaduais (efeitos fixos). Entre os valores estatisticamente significativos, o impacto marginal da qualidade institucional sobre o capital físico *per capita* ficou nos intervalos 0,06%-0,1% (Tabela 3) e 0,4%-0,9% (Tabela 6). Ao contrário capital humano, a instrumentalização da qualidade institucional aumentou em várias vezes o valor do coeficiente. O regressor  $\log[Ind]$ , *proxy* do capital reprodutível, também foi significativo em todas as especificações das tabelas principais, variando entre 0,05%-0,09% nos dois métodos utilizados. O índice de desigualdade de *theil* (negativo e significativo) também perde significância com a inclusão das *dummies*.

As tabelas 4 e 7 apresentam resultados auxiliares ao dividir a amostra de municípios em grupos populacionais. Vale destacar que os impactos do capital humano seguiram uma tendência primeiramente ascendente, em relação ao tamanho da população municipal, e depois descendente – de forma que o impacto marginal desse regressor é sentido nos municípios de população mediana (entre 9.161 e 15.196 habitantes). No caso do IQIM, a instrumentalização altera a tendência verificada na Tabela 4. Nesta, os coeficientes significativos eram aqueles de populações reduzidas, até 9.161 habitantes. Os resultados da Tabela 7 mostram que nesses municípios, os coeficientes, apesar de positivos, não são significativos (aumento característico dos erros-padrão). Nota-se, por outro lado, um aumento substancial nos coeficientes dos municípios de população mais elevada. Em especial, o coeficiente da coluna [5], que era negativo na Tabela 4, torna-se positivo

na Tabela [7]; o impacto sobre a variável dependente de um aumento marginal no regressor de qualidade institucional alcança 0,7%.

Por fim, na Tabela 5 estão as estimações MQO dos municípios divididos por regiões geopolíticas. Os coeficientes dos regressores  $\log[Hpc]$  e  $\log[IQIM]$  são bastantes distintos entre as regiões. Relevante é o fato do índice de desigualdade de *theil* ter impacto positivo sobre a acumulação de capital físico nas regiões norte e nordeste, e negativo nas regiões sudeste e sul (o coeficiente da região centro-oeste é positivo, mas não é significativo). Como já ressaltado, este resultado pode ser derivado das diferenças nos níveis de desenvolvimento das regiões – a desigualdade tem impacto positivo sobre a acumulação de capital nas regiões subdesenvolvidas e adverso nas regiões mais desenvolvidas.

## 5.2 DINÂMICA

A seguir, análise empírica terá como referência a equação de acumulação de capital (eq. [27]), cuja especificação empírica é dada pela eq. [35]. Obviamente, as regressões a seguir se diferenciam das anteriores pela mudança na variável dependente e pela inclusão do estoque de capital *per capita* inicial como regressor adicional. A Tabela 8 apresenta os resultados do MQO e possui o mesmo formato da Tabela 3 acima. A especificação da coluna [5] é dita como especificação completa, como anteriormente.

O nível do capital físico inicial é negativo e significativo em todas as especificações, indicando a existência de retornos marginais decrescentes na acumulação do fator – quanto quanto maior o nível inicial do capital *per capita*, *ceteris paribus*, menor a acumulação posterior. Os valores absolutos dos coeficientes também são altos: o aumento de 1% do  $\log[Kpc]$  está associado com uma redução na taxa de acumulação que varia entre 7,52 e 8,8 pontos percentuais (p.p.).

A alta sensibilidade (negativa) da acumulação de capital em relação ao seu nível inicial é compensada por uma sensibilidade positiva em relação ao nível de capital humano. O aumento marginal do último está associado à uma elevação da variável dependente entre 12 e 14 p.p. A especificação completa apresenta o valor mais baixo, já que a inclusão de variáveis adicionais tende a reduzir o valor do

coeficiente. Não obstante, a queda não é substancial: a magnitude do coeficiente na especificação [5] é apenas 10% inferior ao da especificação [1].

TABELA 8 – ACUMULAÇÃO DE CAPITAL FÍSICO (MQO)

	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]
Variável dependente: var Kpc (% a.a.)					
d1991	5.014*** (0.568)	5.304*** (0.626)	5.219*** (0.636)	5.240*** (0.629)	5.588*** (0.703)
Log [Kpc]	-7.519*** (0.843)	-7.532*** (0.842)	-7.657*** (0.954)	-7.665*** (0.957)	-8.812*** (1.233)
Log [Hpc]	13.821*** (2.157)	12.916*** (2.344)	12.919*** (2.459)	13.034*** (2.501)	12.502*** (2.911)
Log [IQIM]		2.622*** (0.732)	2.521*** (0.771)	2.555*** (0.762)	1.303* (0.770)
Log [Ind]			0.191* (0.109)	0.186* (0.107)	0.523*** (0.153)
Theil				-0.861 (0.761)	-0.103 (0.748)
Dum Est. (test F; prob)					12.31*** (0E+00)
teste DHW: (teste F; prob)	Hpc: 54.71*** (0E+00)	Hpc; IQIM: 23.63*** (0E+00)	Hpc; IQIM: 28.57*** (0E+00)	Hpc; IQIM: 28.46*** (0E+00)	Hpc; IQIM: 4.02** (2E-02)
R <sup>2</sup>	0.350	0.352	0.345	0.346	0.366
n	8086	8086	7763	7762	7762

Nota (1) (\*\*\*) significativo a 1%. (\*\*) Significativo a 5%. (\*) Significativo a 1%.

Nota (2) d1991 e d2000 são *dummies* para os anos de 1991 e 2000, respectivamente. Var Kpc: taxa média anual de crescimento do capital residencial urbano *per capita*; log[Kpc]: logaritmo do capital residencial urbano *per capita*; log[Hpc]: logaritmo do capital humano *per capita*; log[IQIM]: logaritmo do IQIM; log[Ind]: logaritmo da participação da indústria no PIB municipal em 1980; Theil: índice de desigualdade de *theil*. Dum Est: teste F das *dummies* estaduais.

O coeficiente do IQIM é positivo e significativo em todas as especificações da tabela, mesmo com valores de semi-elasticidade muito inferiores em relação aos regressores anteriores. A magnitude do coeficiente varia entre 2,6 p.p. e 1,3 p.p.; queda de aproximadamente 50%, quase que exclusivamente devido à presença das *dummies* estaduais da coluna [5].

A *proxy* do capital reproduzível – participação da indústria no PIB municipal – apresentou-se significativa também na acumulação de capital: em todas as especificações o regressor *log[Ind]* é estatisticamente significativo. O impacto marginal da participação industrial varia de 0,2 e 0,5 pontos percentuais. Ao contrário, o índice de desigualdade de *theil* não é significativo. Efeitos específicos

estaduais ainda permanecem significativos, como indicado pelas *dummies* da coluna [5].

TABELA 9 – ACUMULAÇÃO DE CAPITAL FÍSICO, GRUPOS POPULACIONAIS (MQO)

	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]
<i>variável dependente: var Kpc (% a.a.)</i>					
<i>d1991</i>	6.999*** (0.408)	7.401*** (0.445)	5.164** (2.501)	5.744*** (1.905)	2.875** (1.344)
<i>Log [Kpc]</i>	-7.496*** (0.427)	-7.203*** (0.700)	-9.880*** (3.592)	-10.546*** (3.907)	-10.588*** (2.435)
<i>Log [Hpc]</i>	6.835*** (1.114)	7.929*** (1.353)	16.496* (9.056)	15.867 (9.863)	15.807*** (5.556)
<i>Log [IQIM]</i>	3.768*** (1.034)	2.724 (1.711)	0.274 (1.169)	0.604 (2.060)	-1.259 (1.543)
<i>Log [Ind]</i>	0.156* (0.082)	0.087 (0.106)	0.802** (0.398)	0.832** (0.385)	1.006*** (0.368)
<i>Theil</i>	-0.473 (0.907)	-0.338 (0.928)	-0.860 (1.167)	-1.071 (1.991)	0.802 (3.068)
<i>Dum Est.</i> (test <i>F</i> ; <i>prob</i> )	8.40*** (0E+00)	7.39*** (0E+00)	8.20*** (0E+00)	9.03*** (0E+00)	4.56*** (0E+00)
<i>R</i> <sup>2</sup>	0.37	0.35	0.55	0.34	0.43
<i>n</i>	7762	1758	1959	2057	1988

Nota (1) (\*\*\*) significativo a 1%. (\*\*) Significativo a 5%. (\*) Significativo a 1%.

Nota (2) *d1991* e *d2000* são *dummies* para os anos de 1991 e 2000, respectivamente. *Var Kpc*: taxa média anual de crescimento do capital residencial urbano *per capita*; *log[Kpc]*: logaritmo do capital residencial urbano *per capita*; *log[Hpc]*: logaritmo do capital humano *per capita*; *log[IQIM]*: logaritmo do IQIM; *log[Ind]*: logaritmo da participação da indústria no PIB municipal em 1980; *Theil*: índice de desigualdade de *theil*. *Dum Est*: teste *F* das *dummies* estaduais.

Os resultados da Tabela 9 apresentam a especificação completa dividida por grupos populacionais, do mesmo modo que a Tabela 4 nas regressões em nível. O capital físico é negativo e significativo em todos níveis de população. O valor absoluto do coeficiente apresenta tendência de elevar-se com o tamanho médio do município, ou seja, nos municípios maiores o efeito negativo sobre a variável dependente de um nível mais elevado de capital inicial é mais forte. Este efeito negativo varia de 7,5 p.p. a 10,6 p.p. Em contraponto, o valor do coeficiente do *log[Hpc]* é positivo e significativo, passando de 6,8 p.p. na especificação [1] para 15,8 p.p. na especificação [5].

O coeficiente de qualidade institucional é estatisticamente significativo somente na especificação [1]. Neste caso, o aumento marginal da qualidade institucional está associada com elevação de 3,8 p.p. na variável dependente. O regressor *log[Ind]* mostrou-se positivo e significativo em quase todas as

especificações (exceção apenas na coluna [4]); com tendência de elevar-se nos municípios maiores, o impacto passa de 0,16 p.p. em [1] para 1 p.p. em [5]. O índice de desigualdade de *theil* não foi estatisticamente significativo – ao contrário das *dummies*.

Utilizando a especificação completa, a Tabela 10 expõe a acumulação de capital físico *per capita* para as regiões geopolíticas do Brasil. Os impactos do capital humano e da qualidade das instituições municipais variam de forma considerável. O impacto mais forte do capital humano se dá na região norte: 54 p.p. de elevação na variável dependente ante um aumento marginal do regressor. Este valor é cerca de 15 vezes superior ao encontrado na região de menor impacto – região sul (3,47 p.p.). O efeito também é muito alto no nordeste (11,7 p.p.). A região centro-oeste têm coeficiente de 8,2 e a região sudeste de 6,36. Em todas as regiões o capital humano é estatisticamente significativo. O IQIM, por outro lado, se mostrou significativo nas regiões centro-oeste, nordeste e sudeste; cujos valores foram 5,3, 2,1 e 1,5 pontos percentuais, respectivamente. A participação da indústria no PIB municipal influenciou significativamente a taxa de crescimento do capital físico nas regiões nordeste (0,7 p.p.), centro-oeste (0,4 p.p.) e sul (0,4 p.p.); norte e sudeste não apresentaram coeficientes significativos.

Do mesmo modo que nas regressões em nível da seção 5.1, nas tabelas a seguir serão utilizados instrumentos geográficos para corrigir os problemas de endogeneidade, erros de mensuração e viés causado por variáveis omitidas nos regressores  $\log[Hpc]$  e  $\log[IQIM]$ . Os valores das estatísticas dos testes DHW, na Tabela 8, implicam rejeição da hipótese nula de exogeneidade dos regressores, mesmo com a mudança da variável dependente em nível por uma taxa: a simultaneidade entre capital físico, capital humano e instituições não significa que a endogeneidade persista em regressões de crescimento. Do ponto de vista estatístico, a simultaneidade existe, por exemplo, quando um regressor afeta a variável dependente, e vice-versa. Na econometria isto implica que choques aleatórios na variável dependente estejam correlacionados com os regressor (já que a primeira afeta o valor da segunda). Quando se coloca a variável depende na forma de taxa de crescimento, não existe motivo, *a priori*, para supor que choques aleatórios na acumulação de capital sejam correlacionados com um ou mais regressores. Todavia, uma vez detectada endogeneidade, ela deve ser corrigida. As variáveis geográficas continuam válidas como instrumentos.

TABELA 10 – ACUMULAÇÃO DE CAPITAL FÍSICO, REGIÕES GEOPOLÍTICAS (MQO)

	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]
<i>Variável dependente: var Kpc (% a.a.)</i>						
	<i>Brasil</i>	<i>Norte</i>	<i>Nordeste</i>	<i>Sudeste</i>	<i>Sul</i>	<i>C-Oeste</i>
<i>d1991</i>	5.588*** (0.703)	-5.849 (6.981)	7.078*** (0.746)	5.333*** (0.205)	9.730*** (0.349)	4.631*** (0.876)
<i>Log [Kpc]</i>	-8.812*** (1.233)	-23.429*** (8.703)	-9.328*** (1.857)	-5.687*** (0.275)	-5.004*** (0.332)	-8.790*** (1.229)
<i>Log [Hpc]</i>	12.502*** (2.911)	54.400** (22.135)	11.749*** (4.233)	6.358*** (0.645)	3.474*** (1.022)	8.231*** (2.655)
<i>Log [IQIM]</i>	1.303* (0.770)	-3.673 (5.685)	2.073* (1.072)	1.484*** (0.515)	1.055 (0.875)	5.311*** (1.579)
<i>Log [Ind]</i>	0.523*** (0.153)	1.802 (1.277)	0.683*** (0.260)	0.005 (0.060)	0.430*** (0.106)	0.475** (0.236)
<i>Theil</i>	-0.103 (0.748)	12.472 (10.334)	1.584 (1.236)	-2.009*** (0.580)	-1.380 (0.892)	0.579 (1.951)
<i>Dum Est.</i> (test <i>F</i> ; <i>prob</i> )	12.31*** (0E+00)	4.18*** (4E-04)	11.53*** (0E+00)	3.57** (1E-02)	3.81** (2E-02)	9.83*** (0E+00)
<i>R</i> <sup>2</sup>	0.37	0.32	0.35	0.62	0.64	0.53
<i>n</i>	7762	397	2640	2739	1434	552

Nota (1) (\*\*\*) significativo a 1%. (\*\*) Significativo a 5%. (\*) Significativo a 1%.

Nota (2) d1991 e d2000 são *dummies* para os anos de 1991 e 2000, respectivamente. Var Kpc: taxa média anual de crescimento do capital residencial urbano *per capita*; log[Kpc]: logaritmo do capital residencial urbano *per capita*; log[Hpc]: logaritmo do capital humano *per capita*; log[IQIM]: logaritmo do IQIM; log[Ind]: logaritmo da participação da indústria no PIB municipal em 1980; Theil: índice de desigualdade de theil. Dum Est: teste *F* das *dummies* estaduais.

A Tabela 11 mostra a acumulação de capital *per capita* utilizando variáveis instrumentais. O primeiro estágio é similar ao que foi apresentado na Tabela 6. As estatísticas não são exatamente as mesmas porque a amostra das estimativas de acumulação de capital é reduzida em relação à estimação em nível: o cálculo da taxa de variação do capital implica em perda de uma observação de tempo do painel (os dados do ano 2000 são descartados).

Não obstante o número de observações ser reduzido em relação ao primeiro estágio da Tabela 6, os resultados são qualitativamente os mesmos: os instrumentos, explicam parte substancial das variações das variáveis dependentes (*log[Hpc]* e *log[IQIM]*), com exceção da coluna [5], quando a inclusão das *dummies* estaduais resultam em perda de significância individual de alguns instrumentos – apesar de continuarem com significância conjunta – resultando em baixo valor do *R*<sup>2</sup>\* na última coluna da tabela. Os autovalores se mantêm sempre acima dos valores críticos, conservando o viés do MQ2E sempre abaixo de 5%. A comparação

das estimativas  $R^2$  e  $R^{2*}$  das duas equações do primeiro estágio indicam que as variáveis geográficas são mais correlacionadas com o capital humano do que com a qualidade institucional.

TABELA 11 – ACUMULAÇÃO DE CAPITAL FÍSICO (MQ2E)

	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]
*****SEGUNDO ESTÁGIO					
	variável dependente: var Kpc (% a.a.)				
<i>d1991</i>	3.236*** (0.567)	5.369*** (0.907)	4.876*** (0.983)	4.867*** (0.985)	2.765** (1.399)
<i>Log [Kpc]</i>	-9.268*** (0.810)	-8.192*** (0.902)	-8.677*** (1.094)	-8.714*** (1.102)	-10.112*** (1.278)
<i>Log [Hpc]</i> <i>prev. 1º est</i>	20.484*** (2.095)	13.111*** (3.104)	14.634*** (3.475)	15.068*** (3.548)	22.140*** (4.874)
<i>Log [IQIM]</i> <i>prev. 1º est</i>		9.015*** (2.462)	8.502*** (2.510)	8.276*** (2.514)	-17.156* (9.447)
<i>Log [Ind]</i>			0.183* (0.107)	0.171 (0.105)	0.590*** (0.181)
<i>Theil</i>				-1.898** (0.802)	0.143 (0.960)
<i>Dum Est.</i> <i>(test F; prob)</i>					216.6*** (0E+00)
$R^2$	0.34	0.34	0.33	0.33	0.29
<i>n</i>	8086	8086	7763	7762	7762
*****PRIMEIRO ESTÁGIO					
	Variável dependente: Log[Hpc]				
<i>Latitude</i>	0.014*** (0.000)	0.014*** (0.000)	0.015*** (0.000)	0.015*** (0.000)	0.013*** (0.001)
<i>Temperatura</i>	0.019*** (0.001)	0.019*** (0.001)	0.022*** (0.001)	0.021*** (0.001)	0.029*** (0.001)
<i>Precip. Pluviom.</i>	0.001*** (0.000)	0.001*** (0.000)	0.001*** (0.000)	0.001*** (0.000)	0.001*** (0.000)
<i>Altitude</i>	0.000*** (0.000)	0.000*** (0.000)	0.000*** (0.000)	0.000*** (0.000)	0.000*** (0.000)
<i>Instrumentos:</i> <i>(teste F; prob)</i>	511.6*** (0E+00)	511.6*** (0E+00)	532.5*** (0E+00)	520.8*** (0E+00)	115.3*** (0E+00)
$R^2$	0.85	0.85	0.86	0.86	0.88
$R^{2*}$	0.23	0.23	0.25	0.24	0.06
	Variável dependente: log[IQIM]				
<i>Latitude</i>	- (0.000)	0.008*** (0.000)	0.008*** (0.001)	0.008*** (0.001)	0.001 (0.002)
<i>Temperatura</i>	- (0.001)	-0.006*** (0.001)	-0.004*** (0.001)	-0.005*** (0.001)	0.002 (0.002)
<i>Precip. Pluviom.</i>	-	0.000***	0.000***	0.000***	0.001***



	-	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)
<i>Altitude</i>	-	-0.000***	-0.000	-0.000	0.000***
	-	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)
<i>Instrumentos:</i>	-	380***	373.3***	370.7***	18.7***
<i>(teste F; prob)</i>	-	(0E+00)	(0E+00)	(0E+00)	(0E+00)
$R^2$	-	0.35	0.36	0.36	0.4
$R^{2*}$	-	0.15	0.16	0.16	0.01
<i>Autovalor mín.</i>	599.6	71.25	72.5	72	14.57
<i>Valor crítico</i>	18.85	11.04	11.04	11.04	11.04
<i>Viés MQ2E</i>	<5%	<5%	<5%	<5%	<5%

Nota (1) (\*\*\*) significativo a 1%. (\*\*) Significativo a 5%. (\*) Significativo a 1%. Nota (2)  $\log[Kpc]$ : logaritmo do capital físico *per capita*;  $\log[Hpc]$ : logaritmo do capital humano *per capita*;  $\log[IQIM]$ : logaritmo do IQIM;  $\log[Ind]$ : logaritmo da participação da indústria no PIB municipal em 1980; *Theil*: índice de desigualdade de theil. d1991 e d2000 são *dummies* para os anos de 1991 e 2000, respectivamente. *Dum Est*: teste *F* das *dummies* dos estados.

Na parte superior da Tabela 11 está o segundo estágio, com os valores estimados (do primeiro estágio) dos regressores  $\log[Hpc]$  e  $\log[IQIM]$ . Em ambos os casos, os coeficientes estimados pelas variáveis instrumentais têm magnitudes mais elevadas do que os valores calculados pelo método do MQO na Tabela 8. Uma elevação marginal no estoque de capital humano tem um efeito sobre a variável dependente que pode variar de 13,1 p.p. à 22,1 p.p. – elevação que pode chegar a 77%, no caso da especificação [5]. O erro-padrão do capital humano instrumentalizado também sofre elevação, que pode chegar a 67% do valor MQO.

As mudanças são ainda mais fortes no regressor  $\log[IQIM]$  instrumentalizado. O aumento marginal da qualidade institucional está associado à uma elevação na taxa de crescimento do capital *per capita* de 9 p.p., na coluna [2], e 8,3 p.p., na coluna [4]. O valor do coeficiente na coluna [5] foi negativo e significativo à 10%. O cálculo da última coluna foi prejudicado pelas *dummies*: o erro-padrão da estimativa MQ2E da especificação completa é cerca de 12 vezes superior ao erro-padrão do mínimo quadrado ordinário. Nota-se também que a elevação da variância do estimador MQ2E é sempre maior no IQIM em relação ao capital humano.

A variável de controle que mede a participação da indústria no PIB municipal permaneceu sem grandes alterações diante da mudança do método de estimação. No caso do índice de desigualdade, o aumento foi considerável: a redução na taxa de acumulação de capital ante um aumento marginal no índice de *theil* passou de 0,9 p.p. (MQO) para 1,9 p.p. (MQ2E). As *dummies* estaduais continuam significativas no segundo estágio (coluna [5]).

A Tabela 12, mostra a acumulação de capital físico *per capita* através do método MQ2E, por grupo populacional. As estatísticas do primeiro estágio indicam que a combinação do método com a estratificação da amostra não consegue gerar estimativas confiáveis dos impactos das variáveis de interesse – capital humano e qualidade institucional. O autovalor mínimo não é maior, em geral, que o autovalor crítico para um viés de 30%; resultado muito menos preciso que nas tabelas anteriores. No primeiro estágio da variável  $\log[IQIM]$ , por exemplo, a latitude e a temperatura não são (individualmente) significativas em nenhuma especificação. O primeiro estágio do capital humano tem resultados melhores, mas as estatísticas  $R^2$  são muito baixas.

No segundo estágio, as estimativas dos coeficientes do  $\log[Hpc]$  não são significativas em três das cinco especificações (o capital humano sempre foi significativo, a única exceção, na coluna [4] da Tabela 9). O IQIM aparece com o sinal correto e significativo somente na coluna [5]. As variáveis de controle ( $\log[Kpc]$ ,  $\log[Ind]$  e *theil*) aparecem com valores razoáveis e relativamente próximos dos resultados anteriores.

TABELA 12 – ACUMULAÇÃO DE CAPITAL FÍSICO, GRUPOS POPULACIONAIS (MQ2E)

	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]
*****SEGUNDO ESTÁGIO					
	<i>variável dependente: var Kpc (% a.a.)</i>				
<i>d1991</i>	1.954* (1.136)	4.795** (1.868)	2.134 (4.833)	7.910*** (1.776)	4.944*** (1.683)
<i>Log [Kpc]</i>	-10.176*** (0.756)	-7.827*** (1.179)	-11.412** (4.523)	-9.210*** (1.971)	-10.444*** (2.478)
<i>Log [Hpc]</i> <i>prev. 1º est</i>	23.793*** (3.770)	16.507*** (6.406)	26.806 (16.913)	7.578 (5.541)	10.276 (6.727)
<i>Log [IQIM]</i> <i>prev. 1º est</i>	-7.903 (7.391)	-25.501* (13.610)	-12.071 (13.522)	11.391 (17.157)	29.163** (11.698)
<i>Log [Ind]</i>	0.090 (0.099)	0.132 (0.148)	0.788** (0.400)	0.852* (0.497)	0.768** (0.343)
<i>Theil</i>	-0.301 (1.054)	-1.289 (1.294)	-1.547 (1.624)	-0.130 (1.434)	-2.209 (4.619)
<i>Dum Est.</i> <i>(test F; prob)</i>	113*** (0E+00)	84*** (0E+00)	131*** (0E+00)	138*** (0E+00)	43*** (0E+00)
$R^2$	0.46	0.26	0.27	0.31	0.21
<i>n</i>	1225	1494	1644	1698	1701
*****PRIMEIRO ESTÁGIO					
<i>Variável dependente: Log[Hpc]</i>					

<i>Latitude</i>	0.030*** (0.004)	0.022*** (0.003)	0.007*** (0.003)	0.012*** (0.002)	0.006* (0.003)
<i>Temperatura</i>	0.042*** (0.004)	0.029*** (0.003)	0.019*** (0.003)	0.033*** (0.003)	0.029*** (0.004)
<i>Precip. Pluviom.</i>	0.001*** (0.000)	0.000 (0.000)	0.001*** (0.000)	0.001*** (0.000)	0.001*** (0.000)
<i>Altitude</i>	0.000*** (0.000)	0.000*** (0.000)	0.000*** (0.000)	0.000*** (0.000)	0.000*** (0.000)
<i>Instrumentos: (teste F; prob)</i>	35.16*** (0E+00)	24.54*** (0E+00)	14.52*** (0E+00)	39.02*** (0E+00)	29.02*** (0E+00)
$R^2$	0.85	0.89	0.89	0.91	0.90
$R^{2*}$	0.10	0.07	0.04	0.08	0.07

<i>Variável dependente: log[IQIM]</i>					
<i>Latitude</i>	-	0.006 (0.005)	0.004 (0.004)	0.005 (0.003)	-0.002 (0.003)
<i>Temperatura</i>	-	0.002 (0.005)	0.004 (0.004)	0.005 (0.004)	-0.004 (0.004)
<i>Precip. Pluviom.</i>	-	0.001*** (0.000)	0.000** (0.000)	0.001*** (0.000)	0.001*** (0.000)
<i>Altitude</i>	-	0.000 (0.000)	0.000*** (0.000)	0.000 (0.000)	-0.000*** (0.000)
<i>Instrumentos: (teste F; prob)</i>	-	4.63*** (1E-03)	8.41*** (0E+00)	4.57*** (1E-03)	8.27*** (0E+00)
$R^2$	-	0.42	0.43	0.44	0.43
$R^{2*}$	-	0.01	0.02	0.01	0.02
<i>Autovalor mín.</i>	3.58501	4.32012	3.58501	3.62666	7.19183
<i>Valor crítico</i>	4.73	4.73	4.73	4.73	5.57
<i>Viés MQ2E</i>	>30%	>30%	>30%	>30%	< 20%

Nota (1) (\*\*\*) significativo a 1%. (\*\*) Significativo a 5%. (\*) Significativo a 1%. Nota (2)  $\log[Kpc]$ : logaritmo do capital físico *per capita*;  $\log[Hpc]$ : logaritmo do capital humano *per capita*;  $\log[IQIM]$ : logaritmo do IQIM;  $\log[Ind]$ : logaritmo da participação da indústria no PIB municipal em 1980; *Theil*: índice de desigualdade de theil. d1991 e d2000 são *dummies* para os anos de 1991 e 2000, respectivamente. *Dum Est*: teste *F* das *dummies* dos estados. Nota (3) coluna [1]: até 5.089 habitantes; coluna [2]: entre 5.089 e 9.161 habitantes; coluna [3]: entre 9.161 e 15.196 habitantes; coluna [4]: entre 15.196 e 28.190 habitantes; coluna [5] acima de 28.190 habitantes.

Esta subseção procurou testar as equações de acumulação de capital físico dadas em [31] e [35], derivadas do modelo teórico. As tabelas apresentadas indicam a confirmação das expectativas quanto aos impactos, sobre a acumulação de capital, das variáveis explicativas detalhadas acima.

As tabelas 8 e 11 mostram os resultados principais. O capital humano apresentou coeficientes cujo impacto marginal sobre a variável dependente (taxa de crescimento do estoque de capital *per capita*) esteve entre 12,5 p.p. e 13,8 p.p. (MQO) e 13,1 p.p. e 22,14 p.p. (MQ2E). O capital humano instrumentalizado

alcançou valores, no máximo, 77% maiores que as estimativas dos mínimos quadrados ordinários. Os impactos da qualidade institucional estiveram entre 1,3 p.p. e 2,6 p.p. (MQO) e 8,3 p.p. e 9,0 p.p. (MQ2E) – entre os valores estatisticamente significativos. Os impactos do IQIM por variáveis instrumentais foram até três vezes superiores. Ademais as regressões de primeiro estágio mostraram que os instrumentos geográficos tiveram um desempenho muito melhor na previsão do  $\log[Hpc]$  do que na previsão do  $\log[IQIM]$ . Este resultado dá ênfase ao argumento de Glaeser *et al.* (2004); apesar de não excluir Acemoglu *et al.* (2001, 2002) porque em muitas especificações o índice de qualidade institucional municipal instrumentalizado se mostrou significativo.

A comparação entre os resultados da tabela 8 e 11 revelam pouca diferença de magnitude do coeficiente da participação da indústria, entre os dois métodos de estimação; geralmente se mostrando positivo e significativo. O regressor  $\log[Kpc]$  confirmou as expectativas acerca dos retornos decrescentes da acumulação de capital, sempre de forma significativa. A magnitude do impacto (negativo) do índice de *theil* foi superior após a instrumentalização.

As inferências quanto à acumulação de capital por grupo populacional ficou bastante prejudicada pelo viés das estimativas MQ2E (Tabela 12). Fazendo uma análise somente à partir da Tabela 9 (MQO), concluiria-se que a magnitude do coeficiente do capital humano é crescente com o tamanho do município e que a qualidade institucional só é importante nos municípios menores. Esses resultados devem ser comparados com as regressões MQ2E em nível, que mostram tendência à aumento de impacto do IQIM sobre o nível de capital físico nos municípios mais populosos; assim como uma redução da magnitude do impacto do capital humano após certo nível populacional. Os resultados parecem ser inconclusivos sem estimativas mais confiáveis que controlem pela endogeneidade. A divisão geopolítica, na tabela 10, mostra que os impactos sobre a acumulação de capital das variáveis explicativas são bem distintos entre regiões; e de modo similar às regressões da seção 5.1, os impactos da desigualdade são detrimenais para a acumulação de capital somente no sudeste-sul do país.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo buscou mensurar os impactos do qualidade institucional e do capital humano sobre a acumulação de capital físico *per capita* nos municípios brasileiros. Partindo de uma função de produção aumentada que inclui capital humano e instituições, derivou-se um modelo que relaciona a quantidade de equilíbrio do capital físico *per capita* aos seguintes fatores: (i) a participação do capital reprodutível na renda; (ii) relação de preços entre bens finais e bens de capital; (iii) qualidade das instituições municipais e (iv) estoque de capital humano. Dessa quantidade de equilíbrio do estoque de capital foi possível derivar uma expressão para a taxa de crescimento do estoque de capital físico *per capita*. Esta segunda expressão possui as mesmas variáveis explicativas da primeira, com a adição do nível de capital físico *per capita* inicial.

As relações encontradas no exercício teórico foram testadas para os municípios brasileiros no período 1980-2000. O nível de capital físico *per capita* municipal apresentou relação positiva com o capital humano e com a qualidade institucional – controlando os efeitos da participação da indústria no PIB municipal (*proxy* do capital reprodutível), da desigualdade (índice de *theil*) e de efeitos fixos dos estados (*dummies*). A endogeneidade foi controlada através dos instrumentos geográficos de (i) latitude, (ii) *temperatura*, (iii) precipitação pluviométrica e (iv) altitude. Os resultados em MQ2E elevaram bastante os efeitos da qualidade institucional. Estimativas por grupos populacionais mostraram que o impacto do capital humano é maximizado nos municípios de população mediana; enquanto que os impactos de qualidade institucional tendem a ser mais elevados nos municípios mais populosos. As diferenças dos coeficientes das variáveis de interesse na divisão amostral regional mostrou a heterogeneidade das regiões geopolíticas do país.

As estimativas da acumulação de capital mostraram resultados semelhantes, i.e., os sinais dos impactos foram positivos para as duas variáveis de interesse. A divisão por grupo populacional do MQO revelou uma dinâmica parecida com as regressões em nível; mas os resultados não podem ser generalizados, pois as estimativas MQ2E por grupo populacional – que no caso das regressões em nível causaram mudanças no padrão dos impactos, principalmente do IQIM – foram bastante imprecisas: o viés do MQ2E foi alto o suficiente para que seja aconselhável evitar conclusões à respeito da magnitude dos coeficientes nesta divisão.

Em geral a inclusão de *dummies* estaduais no método de mínimos quadrados em dois estágios causaram uma relativa perda de eficiência no cálculo dos regressores instrumentalizados. As variáveis binárias dos estados são correlacionadas com pelo menos parte dos instrumentos, em especial a latitude, reduzindo o peso das variáveis geográficas na previsão das variáveis de capital humano e qualidade institucional. As *dummies* provavelmente causaram o alto viés MQ2E na tabela de acumulação de capital por grupo de população.

Os resultados podem ser aprimorados à medida em que se aumente a quantidade de dados municipais. No presente estudo, por exemplo, não foram encontradas *proxies* para a relação de preços, resultando na suposição de que ela é constante para todos os municípios ou assume uma distribuição aleatória. A *proxy* do capital reproduzível na renda – a participação da indústria no PIB do município em 1980 – foi inserida como uma variável de efeito fixo. Esta variável, apesar de acreditar-se que esteja muito correlacionada com o capital reproduzível, por definição ainda contém elementos do capital natural. A *proxy* da qualidade institucional, com dados somente para o ano final fora suposta constante em todo o período de análise, de acordo com a inércia institucional. Seria um avanço a construção de indicadores institucionais variável no tempo. Por fim, o modelo teórico indica a existência de efeitos específicos municipais que poderiam explicar o grande diferencial da produtividade total dos fatores entre as municipalidades – as dotações de alguns recursos naturais parecem elevar sobremaneira a PTF de alguns municípios.

## REFERÊNCIAS

- ACEMOGLU, D., JOHNSON, S., ROBINSON, J. The Colonial Origins of Comparative Development: An Empirical Investigation. *The American Economic Review*. v. 91, n. 5, p. 1369-1401, 2001.
- \_\_\_\_\_. Reversal of Fortune: Geography and Institutions in the Making of the Modern World Income Distribution. *The Quarterly Journal of Economics*. p. 1231-1294, 2002.
- ACEMOGLU, D., JOHNSON, S., ROBINSON, J., YUNYONG. Institutional Causes, Macroeconomic Symptoms: Volatility, Crises and Growth. *Journal of Monetary Economics*. v. 50, p. 49-123, 2003.
- ACEMOGLU, D., JOHNSON, S., ROBINSON, J., YARED, P. From Education to Democracy? *The American Economic Review*. v. 95, n.2, p. 44-49, 2005.
- AGHION, P., HOWITT, P. A Model of Growth through Creative Destruction. *Econometrica*. v. 60, n. 2, p. 323-351, 1992.
- ALVES, J., LUPORINI, V. Evolução da Teoria do Investimento e Análise Empírica para o Brasil. In: XXXV ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 2007, Recife. *Anais do XXXV Encontro Nacional de Economia*.
- BARRO, R. Economic Growth in a Cross Section of Countries. *The Quarterly Journal of Economics*. v. 106, n. 2, p. 407-443, 1991.
- BARRO, R., SALA-I-MARTIN, X. *Economic Growth*. 2nd Edition. Cambridge: The MIT Press, 2004.
- BENHABIB, J., SPIEGEL, M. The Role of Human Capital in Economic Development: Evidence from Aggregate Cross-Country Data. *Journal of Monetary Economics*, v. 34, p. 143-173, 1994.
- CAMERON, A., TRIVEDI, P. *Microeconometrics Using Stata*. College Station, TX: Stata Press, 2009.
- CASELLI, F., FREYER, J. The Marginal Product of Capital. *The Quarterly Journal of Economics*. v. 122, p. 535-565, 2007.
- DING, S., KNIGHT, J. Why Has China Grown so Fast? The Role of Physical and Human Capital Formation. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*. v. 73, n. 2, 2011.
- DJANKOV, S., GLAESER, E., LA PORTA, R., LOPEZ-DE-SILANES, F., SHLEIFER, A. The New Comparative Economics. *The Journal of Comparative Economics*. v. 31, p. 595-619, 2003.
- EASTERLY, W., LEVINE, R. It's Not Factor Accumulation: Stylized Facts and Growth Models. *The World Bank Economic Review*. v. 15, p. 177-219, 2001.
- \_\_\_\_\_. Tropics, Germs, and Crops: How Endowments Influence Economic Development. National Bureau of Economic Research, Cambridge, 2002.
- ENGERMAN, S., SOKOLOFF, K. Factor Endowments, Inequality, and Paths of Development among New World Economies. *Economia*. v. 3, n. 1, p. 41-88, 2002.
- FERREIRA, A. On the Differences between the Marginal Product of Capital across Countries. *The Manchester School*. v. 79, n. 3, p. 455-479, 2011.
- FREYRE, G. *Casa-grande e Senzala*. 40ª Ed. Rio de Janeiro, RJ: Record. 1992.
- GALOR, O., MOAV, O. From Physical to Human Capital Accumulation: Inequality and the Process of Development. *The Review of Economic Studies*. v. 71, n. 4, p. 1001-1026, 2004.
- GLAESER, E., LA PORTA, R., LOPEZ-DE-SILANES, F., SHLEIFER, A. Do Institutions Cause Growth? *Journal of Economic Growth*. v. 9, p. 271-303, 2004.

- GOMES, V., PESSÔA, S., VELOSO, F. Evolução da Produtividade Total dos Fatores na Economia Brasileira: Uma Análise Comparativa. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, v. 33, n. 3, 2003.
- Grossman, G., Helpman, E. *Innovation and Growth in the Global Economy*. Cambridge, Mass: MIT Press, 1991.
- \_\_\_\_\_. Quality Ladders and Product Cycles. *The Quarterly Journal of Economics*. v. 106, p. 557-586, 1991.
- \_\_\_\_\_. Quality Ladders in the Theory of Growth. *Review of Economic Studies*. v. 58, n. 1, p. 43-61, 1991.
- HALL, R., JONES, C. Why Do Some Countries Produce So Much More Output Per Worker Than Others? *The Quarterly Journal of Economics*, v. 114, n. 1, p. 83-116, 1999.
- HALL, R., JORGENSON, D. Tax Policy and Investment Behavior. *The American Economic Review*. v.57, n.3, p.391-414, 1967.
- HODGSON, G. The Approach of Institutional Economics. *Journal of Economic Literature*, v. 36, n.1, p. 166-192.
- JONES, C. Time Series Tests of Endogenous Growth Models. *The Quarterly Journal of Economics*. v. 110, n. 2, p. 495-525, 1995.
- \_\_\_\_\_. R&D-Based Models of Economic Growth. *The Journal of Political Economy*. v. 103, n. 4, p. 759-784, 1995.
- JORGENSON, D. Capital Theory and Investment Behavior. *The American Economic Review*. v.53, n.2, p.247-259, 1963.
- \_\_\_\_\_. Econometrics Studies of Investment Behavior: A Survey. *Journal of Economic literature*. v. 9, n. 4, p. 1111-1147, 1971.
- LUCAS, R. On the mechanics of Economic Development. *Journal of Monetary Economics*. v. 22, p. 3-42, 1988.
- \_\_\_\_\_. Why Doesn't Capital Flow from Rich to Poor Countries? *The American Economic Review*. v. 80, n. 2, p. 92-96, 1990.
- MANKIW, N., ROMER, D., WEIL, D. A Contribution to the Empirics of Economic Growth. *The Quarterly Journal of Economics*. v.107, n.2, p.407-437, 1992.
- MELO, G., RODRIGUES JR., W. Determinantes do Investimento Privado no Brasil: 1970-1995. *Texto para discussão, IPEA*, n. 605, 1998.
- MORANDI, L., REIS, E. J. Estoque de capital fixo no Brasil – 1950-2000. In: XXXII ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 2004, João Pessoa. *Anais do XXXII Encontro Nacional de Economia*.
- NAKABASHI, L., FIGUEIREDO, L. Mensurando os impactos diretos e indiretos do capital humano sobre o crescimento. *Economia Aplicada*. v. 12, n. 1, p. 151-171, 2008.
- NAKABASHI, L., SALVATO, M. Human Capital Quality in the Brazilian States. *Economia*. v. 8, n. 2, p. 211-229, 2007.
- NARITOMI, J. Herança Colonial, Instituições e Desenvolvimento. Dissertação (mestrado). Programa de Pós-Graduação em Economia, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.
- NELSON, R., PHELPS, E. Investment in Humans, Technological Diffusion, and Economic Growth. *The American Economic Review*. v. 56, n. 1, p. 69-75, 1966.
- NORTH, D. *The Economic Growth of the United States: 1790-1860*. New York, NY: W. W. Norton, 1966. 320 p.
- \_\_\_\_\_. Institutions. *The Journal of Economic Perspectives*. v. 5, n. 1, p. 97-112, 1991.



- PEREIRA, A., NAKABASHI, L., SACHSIDA, A. Qualidade das Instituições e PIB per capita nos Municípios Brasileiros. In: XXXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 2010, Salvador. *Anais do XXXVIII Encontro Nacional de Economia*.
- RODRIK, D. Where Did All the Growth go? External Shocks, Social Conflicts, and Growth Collapses. *Journal of Economic Growth*, 4, p. 385-412, 1999.
- ROMER, P. Endogenous Technological Change. *The Journal of Political Economy*. v. 98, n. 5(2), p. S71-S102, 1990.
- \_\_\_\_\_. The Origins of Endogenous Growth. *The Journal of Economic Perspectives*. v. 8. n. 1, p. 3-22, 1994.
- SALA-I-MARTIN, X. Fifteen Years of New Growth Economics: What Have We Learned? In: LOYAZA, N., SOTO, R. *Economic Growth: Sources, Trends and Cycles*. Central Bank of Chile, 2002.
- SIMONSEN, R. C. *Evolução Industrial do Brasil e Outros Estudos*. São Paulo, SP: Ed. Nacional, 1973.
- \_\_\_\_\_. *História Econômica do Brasil (1500/1820)*. 8ª Ed. São Paulo, SP: Ed. Nacional, 1978.
- SOLOW, R. A Contribution to the Theory of Economic Growth. *Quarterly Journal of Economics*. v. 70, p. 65-94, 1956.
- \_\_\_\_\_. Technical Change and the Aggregate Production Function. *The Review of Economics and Statistics*. v. 39, p. 312-320, 1957.
- SONAGLIO, C., BRAGA, M., CAMPOS, A. Investimento público e privado no Brasil: Evidências dos Efeitos Crowding-In e Crowding-Out no Período 1995-2006. *Economia*. v.11, n.2, p.383-401, 2010.
- WEHLING, A. *A Formação do Brasil Colonial*. 4ª Ed. Rio de Janeiro, RJ: Nova Fronteira, 2005. 414 p.

## CAPÍTULO 2 – PRODUTIVIDADE MARGINAL DO CAPITAL FÍSICO NOS ESTADOS BRASILEIROS

### 1 INTRODUÇÃO

A questão da eficácia da alocação do estoque de capital, presente na literatura internacional, também pode ser analisada internamente, dentro de um país – entre os estados brasileiros, por exemplo. A pergunta, então, é a seguinte: o estoque de capital físico está alocado de forma eficiente? Se a resposta for positiva, o retorno do capital deve ser mais ou menos o mesmo, entre os estados da federação. Se a resposta for negativa, deve existir alguma fricção que impede a migração de recursos em busca do maior retorno e eficiência alocativa.

Existe uma grande diferença no estoque de capital físico *per capita* entre os estados. Em 2000, existia uma diferença de 8 vezes o valor do maior e menor estoque de capital *per capita*. Na literatura internacional, as diferenças de intensidade de capital podem ser ainda maiores, geralmente levando à conclusão de que existem grandes diferenças na produtividade marginal do capital (PMK) entre os países e, conseqüentemente, também da existência de barreiras no fluxo internacional de capital; em especial no que se refere à relação entre países ricos e pobres. Esses entraves podem ser manifestados de várias formas. Um deles é o risco de *default* (mais importante nos países pobres), que recentemente está sendo visto como manifestações de problemas, entre outros, de natureza institucional.<sup>48</sup> Lucas (1990), por outro lado, argumenta que a escassez de capital é acompanhada por carência de fatores complementares – como capital humano e produtividade total dos fatores (PTF) – e, portanto, ocasionando a co-existência de diferenças na intensidade de capital e equalização do PMK. O mesmo fenômeno pode ocorrer nos estados brasileiros, o que faria ainda mais sentido, já que as economias estaduais partilham a mesma macroeconomia e, desse modo, os mesmos riscos de *default*.

O objetivo desse trabalho é testar como se comporta a produtividade marginal do capital entre os estados brasileiros. Para tanto, o PMK é estimado nos

---

<sup>48</sup> Ver, por exemplo, Ferreira (2010).

anos censitários de 1980, 1991 e 2000. O cálculo é feito a partir dos dados de produto (PIB) e estoque de capital residencial urbano (*proxy* para o estoque de capital físico). Uma forma alternativa da produtividade marginal do capital é estimada, utilizando um fator de correção construído a partir da participação da indústria no PIB municipal. Esta *proxy* busca capturar os efeitos do capital reprodutível (em contraposição ao capital total, que inclui fatores como terra e recursos naturais).

Os resultados indicam que a produtividade marginal do capital é positivamente correlacionada com o produto *per capita*, mesmo na estimativa tradicional do PMK. Esta evidência está de acordo com a hipótese das dotações complementares de Lucas (1990), ou seja, o capital não migra para os estados mais pobres e carentes de capital porque a produtividade marginal do fator não é maior à verificada nos estados ricos, onde a razão capital-trabalho é elevada. Parece não haver incentivos econômicos para realocação de capital para as unidades federativas mais pobres. Na estimativa do PMK alternativa, incluindo o fator de correção, a correlação positiva entre PIB *per capita* e produtividade marginal do capital é ainda mais forte. Conclui-se que, se existe alguma tendência, é no sentido de uma migração líquida de recursos na direção dos estados já intensivos em capital físico.

O presente artigo é dividido da seguinte maneira. A próxima seção faz uma revisão da literatura, desde Solow (1956), dos determinantes do estado estacionário e sua implicação para diferenciais de produtividade marginal do capital entre economias. A seção 3, primeira subseção, apresenta os resultados do PMK, pelo método de Caselli e Feyrer (2007) para a amostra de países apresentada pelos autores, que serve de comparação com as estimativas de produtividade marginal do capital dos estados brasileiros; tanto pelo método tradicional quanto pelo método alternativo. A última seção conclui.

## 2 O PRODUTO MARGINAL DO CAPITAL

Desdobramentos do modelo de original de Solow (1956) permitem algumas conclusões aplicadas ao fluxo de capital internacional. A construção a partir de uma função de produção com tecnologia de retornos constantes de escala implica rendimentos decrescentes na acumulação dos fatores. Juntamente com preferências exógenas (poupança e natalidade), o modelo garante que o estoque de capital converge para o equilíbrio de estado estacionário, quando a acumulação de capital cessa por completo. A velocidade de acumulação também é diretamente proporcional com a distância que o estoque de capital se encontra do valor de equilíbrio (*steady state*); o mesmo valendo para o produto marginal do capital, cujo valor segue diminuindo à medida que a economia acumula capital fixo.

Duas economias, por exemplo, tendem a convergir em renda *per capita* (e também em estoque de capital *per capita*) desde que possuam preferências similares (a essência do modelo não é alterada com a adição de tecnologia se ela for livre para todos os países). Se as duas economias convergem para o mesmo estado estacionário, fica evidente que o PMK também será o mesmo. Mais ainda, aquela que possuir o maior estoque de capital inicial terá a menor produtividade marginal do capital. Sob o pressuposto da livre movimentação de fatores, existem incentivos suficientes para que os investimentos sejam concentrados na economia com menor estoque de capital *per capita* e maior produtividade marginal. À medida que o estoque de capital converge, o PMK tende a cair.

A convergência também pode acontecer caso existam estados estacionários múltiplos (diferentes). É necessário, apenas, que a análise seja feita para cada economia em relação ao seu próprio equilíbrio de estado estacionário. Imagine, por exemplo, as duas economias do parágrafo anterior, mas cada uma no caminho de transição para seu próprio *steady state*. Esta transição é caracterizada, como já destacado, por uma progressiva redução da taxa de crescimento do estoque de capital *per capita* e também de sua produtividade marginal. Existirá um ponto onde a economia mais próxima (em termos relativos) do seu *steady state* apresentará um retorno do capital inferior à outra. De certo que este diferencial será equacionado pela saída líquida de capital da primeira economia em direção à segunda. O fluxo de capital acelera a acumulação deste fator na segunda economia até que a produtividade seja igualada. O comércio internacional, portanto, tem a característica

de acelerar o processo de convergência ao equilibrar rapidamente qualquer desvio no equilíbrio entre os rendimentos relativos do capital.

Contudo, este tipo de modelo simples – geralmente baseados em uma função de produção neoclássica com dois fatores – encontra problemas para explicar os fatos estilizados da literatura empírica. Pritchett (1997), por exemplo, encontra evidências de uma grande divergência na evolução da renda *per capita*. Em especial, logo após a revolução industrial, o desenvolvimento acelerado ficou bastante limitado à América do Norte e Europa Ocidental – resultando em aumento da desigualdade de renda no globo. É difícil sustentar que a desigualdade verificada é resultado apenas de diferenças nas preferências dos indivíduos dos países: a distância entre os ricos e pobres é grande demais para refletir somente diferentes taxas de poupança ou natalidade.

O problema pode ser resolvido com a inclusão de mais fatores na função de produção. Isto permite que diferenças entre os estados estacionários possam ser ampliadas consideravelmente. Mankiw *et al.* (1992) incorporou o capital humano como mais um fator de produção (impactos diretos sobre o produto), criando o modelo de Solow ampliado. Também houve grande avanço a partir dos trabalhos de Lucas (1988) e Romer (1986; 1989; 1990) – quando o capital humano é considerado o motor do crescimento – seja porque introduz retornos crescentes na função de produção ou porque o estoque deste fator é determinante na produção de tecnologia.<sup>49</sup>

Além do capital humano e da tecnologia, a qualidade institucional é outro importante determinante do desempenho econômico e pode explicar a aceleração da desigualdade de renda *per capita*, especialmente a partir do final do séc. XVIII. As instituições, segundo North (1991), tanto formais (leis, direito de propriedade, etc.) quanto informais (tradições, costumes, etc.) determinam o conjunto de possibilidades disponíveis aos agentes econômicos. Definem os custos de produção e transação; e em última instância a lucratividade e possibilidade da atividade econômica. Neste contexto, podem muito bem influenciar tanto na acumulação de fatores como na adoção de tecnologias. Acemoglu *et al.* (2001), por exemplo, apresentam evidências indicando que as colônias europeias com maior proporção

---

<sup>49</sup> O capital humano tem papel semelhante também na difusão tecnológica. Nelson e Phelps (1966) desenvolvem um modelo teórico onde a adoção de tecnologia é dependente do estoque de capital humano. Os trabalhos empíricos de Benhabib e Spiegel (1994) e Nakabashi e Figueiredo (2008) trazem evidências favoráveis ao modelo de difusão de Nelson e Phelps.

de europeus em relação a população total foram aquelas que apresentaram maior êxito econômico – aproveitando as possibilidades criadas pela revolução industrial. Onde os europeus se fixaram em grandes números, puderam implantar instituições de melhor qualidade (limite ao executivo, democracia, etc.) e semelhantes aos dos seus respectivos países de origem; influenciando o desempenho econômico subsequente. Acemoglu *et alii* (2005) argumentam, inclusive, que as instituições anteriores a 1500 foram importantes para que alguns países da Europa ocidental aproveitassem o comércio do atlântico, permitindo mudanças em favor de direitos de propriedade dos mercados e gerando incentivos ao crescimento.

Partindo desta ideia que Hall e Jones (1999) procuram mensurar os impactos da qualidade institucional sobre os incentivos de acumulação de fatores e inovação tecnológica: as regressões *cross-country* indicaram que as variações das *proxies* institucionais (lei e ordem, qualidade da burocracia, risco de expropriação, corrupção, etc.) responderam por parte substancial das variações nas intensidades dos fatores e também da produtividade total dos fatores (PTF).<sup>50</sup>

Não é por acaso que o início da revolução industrial brasileira aconteceu no estado de São Paulo: o ciclo do café se deu, em grande parte, em bases institucionais de mão-de-obra assalariada (mesmo com a escravidão ainda vigente), possibilitando a formação de um mercado interno consistente. O desenvolvimento cafeeiro se deu, portanto, em um ambiente distinto dos dois grandes ciclos anteriores da era colonial (cana-de-açúcar e ouro). Este mercado foi ampliado pelo grande fluxo de imigrantes europeus, especialmente italianos, no final do séc XIX e início do seguinte, promovendo mudanças institucionais subsequentes (formais e informais): os imigrantes trouxeram seus costumes, hábitos de consumo e conhecimento técnico; demandaram mais intensamente produtos industriais e estavam na vanguarda do empreendedorismo verificado nas primeiras décadas da recém inaugurada república.<sup>51</sup>

Dos quatro últimos parágrafos, pode se concluir, ao contrário do que propõe o modelo de Solow original, que a tecnologia (mesmo que fosse livre) pode não migrar de forma automática entre as economias. Limitações de capital humano e na qualidade das instituições podem trazer dificuldades que geram desincentivos à

<sup>50</sup> Barro (1991) e Benhabib e Spiegel (1994), mensuram os impactos de fatores político-institucionais sobre o investimento e taxa de acumulação de capital, respectivamente.

<sup>51</sup> Ver Simonsen (1973) e Dean (1991).

adoção das novas invenções. As consequências com relação à rentabilidade relativa do capital físico são naturais: economias com alto grau de acumulação de capital físico podem manter um alto PMK, caso possuam relativa intensidade de fatores complementares. Em economias pobres pode acontecer a situação inversa. Neste contexto, o fluxo de capitais internacional será direcionado para os lugares com maior retorno, que de acordo com o exposto acima, pode não ser os países mais pobres. A tendência continua sendo de equilíbrio do PMK entre os países – a questão é que o equilíbrio acontece com alguns países intensivos em capital e outros com relativa escassez.

Existem várias formas de calcular o produto marginal do capital.<sup>52</sup> Assumindo uma função de produção Cobb-Douglass com dois fatores de produção, capital e trabalho, e  $\alpha = 0,4$  para todos os países, Lucas (1990) encontrou grande diferença nas magnitudes do PMK. Em 1988, o diferencial de renda *per capita* entre Índia e EUA implicava um produto marginal do capital do primeiro cerca de 58 vezes maior do que a mesma variável no segundo país. A evidência empírica em nada se parece com a previsão do modelo neoclássico tradicional. Os novos investimentos não se concentram em países como a Índia. Diante da evidência de que grandes diferenciais de produtividade marginal do capital coexistem, sem a correspondente migração em larga escala de recursos na direção das economias com possibilidades de maior retorno (de forma a equilibrar as rentabilidades), o argumento do livre fluxo de capital fica bastante enfraquecido.

Ao incorporar o capital humano na análise, Lucas (1990) encontra que a diferença na produtividade do capital físico entre os países citados acima cai para aproximadamente 5 vezes. Redução considerável, mas a diferença não é anulada. O problema é resolvido ao se adotar uma função de produção com capital humano cujos *spillovers* elevam a produtividade marginal do capital físico e do trabalho, resultando numa função de produção com retornos crescentes de escala, tal como Lucas (1988). Os retornos crescentes tornam o modelo de crescimento de Lucas em um modelo endógeno: através da acumulação do capital humano tem-se crescimento sustentado do produto (em contraposição ao crescimento de longo

---

<sup>52</sup> Ver Banerjee e Duflo (2005) e Caselli e Feyrer (2007) .

prazo de Solow (1957) ou Mankiw *et al.* (1992), dado pelo progresso técnico exógeno).<sup>53</sup>

Ao contrário de Lucas (1990), Banerjee e Duflo (2005) avaliam as evidências de vários trabalhos empíricos, encontrando, em geral, que o retorno do capital é mais alto nos países subdesenvolvidos; existindo importantes diferenças de produtividade entre firmas da mesma economia. Caselli e Feyrer (2007) reconhecem que a produtividade marginal do capital mostra uma correlação negativa com a renda *per capita*; o que sugere, a primeira vista, a existência de uma persistente diferença no PMK entre os países.

Caselli e Feyrer (2007) atribuem a relação negativa entre renda *per capita* e produtividade marginal do capital ao cálculo incompleto do PMK. As estimativas devem ser corrigidas por dois componentes: (i) a razão de preços (índice de preços de bens finais e bens de capital) e (ii) pela participação do capital reprodutível na renda. Após a correção, os autores mostram que existe quase uma equivalência nas estimativas de produtividade marginal do capital *cross-country*. Apesar de não negar a importância das dotações na produtividade do capital, Caselli e Feyrer (2007) argumentam que esses fatores não são suficientes para equilibrar as estimativas do PMK. A seguir, será detalhada a correção do PMK pela relação de preços e do parâmetro do capital reprodutível; tal estratégia será importante também na estimativa do cálculo das produtividades nos estados brasileiros.

---

<sup>53</sup> Existem vários modelos de crescimento endógenos que colocam o capital humano como motor do crescimento sustentado. Ver Romer (1994) para revisão dessa literatura.



### 3 CALCULANDO PMK

#### 3.1 AMOSTRA INTERNACIONAL

Dado o debate na literatura internacional sobre o comportamento da produtividade marginal do capital, o presente artigo busca calcular o produto marginal do capital para os estados brasileiros e comparar o comportamento do mesmo com o verificado na literatura *cross-country*. Os resultados complementarão as evidências do primeiro capítulo – da mensuração dos impactos dos determinantes da acumulação de capital nas municipalidades brasileiras. A escolha dos estados, ao invés dos municípios, permite uma análise mais agregada, onde cada estado pode ser tratado como uma economia, num ambiente de livre movimentação de bens e fatores. A agregação evita as distorções geradas na análise municipal, principalmente quanto ao estoque de capital; espera-se que o capital residencial urbano siga uma variação mais consistente com o estoque de capital total na agregação estadual.

Existem várias formas de estimação do PMK. O método utilizado adiante será o mesmo de Caselli e Feyrer (2007). Ao contrário de muitos outros trabalhos, não será preciso supor uma forma funcional para a função de produção (não é preciso especificar os fatores), apenas que a função seja homogênea de primeiro grau. Esta hipótese, em condições de aproximação de competição perfeita no mercado de capitais, implica que o produto marginal do capital será igual ao seu retorno. O retorno do capital, multiplicado pelo seu estoque, será equivalente à renda destinada a este fator:

$$PMK.K = \alpha.Y \quad [1]$$

A eq. [1] deixa evidente que o produto marginal pode ser recuperado desde que estejam disponíveis séries de estoque de capital, do produto, e da participação do capital na renda. A eq. [2] abaixo mostra a fórmula de estimação do PMK:

$$PMK = \alpha \frac{Y}{K} \quad [2]$$

As influências de todas as dotações que afetam o produto já estão incluídas na eq. [2], ou seja, fatores como capital humano, tecnologia e instituições já são computadas no cálculo do PMK. Se o argumento de Lucas (1990) estiver correto, a eq. [2] deve gerar valores mais ou menos equivalentes (i.e., baixo desvio-padrão) e o coeficiente de correlação entre o PMK com a renda *per capita* deve ser próximo de zero. Antes de estimar a eq. [2] para os estados federativos, seria interessante analisar os resultados encontrados por este método em Caselli e Feyrer (2007); inclusive os componentes de correção aplicados pelos autores que garantiram a relativa homogeneidade do PMK entre os países. O método de correção será ajustado, posteriormente, à disponibilidade de dados da economia brasileira.

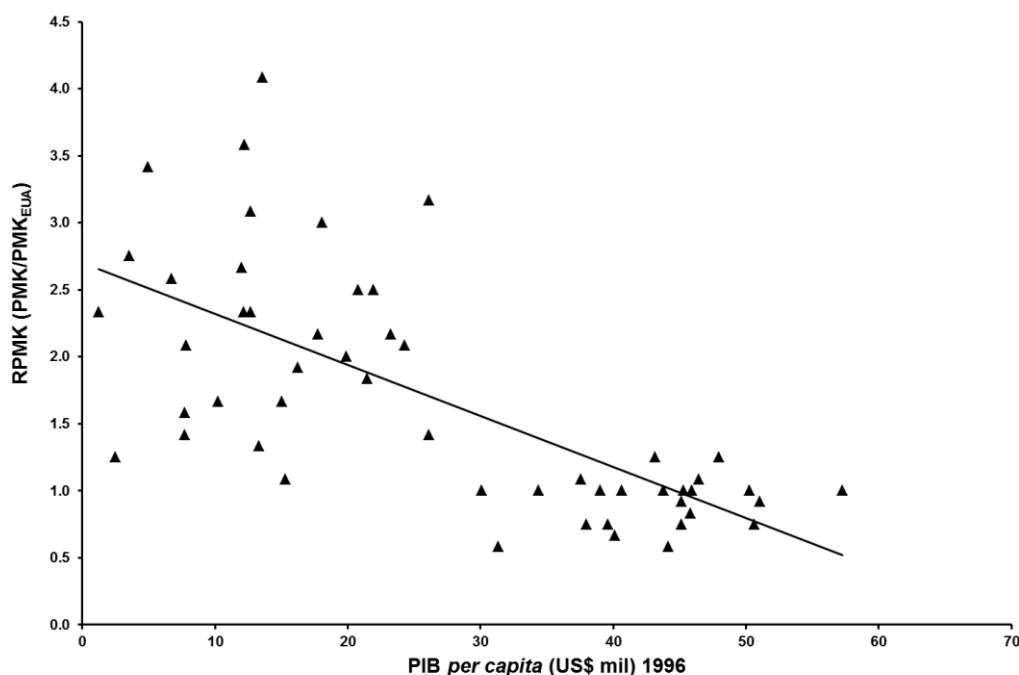


GRÁFICO 1 – RAZÃO DO PRODUTO MARGINAL DO CAPITAL (RPMK)

Fonte: Caselli e Feyrer (2007)

Nota:  $RPMK_{EUA} = 1$

A amostra de Caselli e Feyrer (2007) é composta de 53 países,<sup>54</sup> desenvolvidos e subdesenvolvidos. O Gráfico 1 mostra a correlação do PMK (estimado pela eq. [2]) e PIB *per capita*.<sup>55</sup> Para facilitar a comparação adiante, o gráfico apresenta a razão de PMK's (RPMK); o eixo vertical mede a razão entre o

<sup>54</sup> O tamanho da amostra é limitado pela disponibilidade de dados referentes as variáveis necessárias para o cálculo do produto marginal do capital, principalmente da disponibilidade dos fatores de correção.

<sup>55</sup> Em paridade de poder de compra. Dólares de 1996.

PMK dos países em relação ao PMK dos EUA ( $RPMK_{EUA} = 1$ ). Os resultados preliminares são contrários às expectativas *a priori* da teoria das dotações: a produtividade marginal é negativamente correlacionada com o produto *per capita*, além de existir grande variabilidade nas estimativas da eq. [2] entre os países. O PMK da amostra varia do mínimo de 60% até o máximo de 400% em relação ao refêncial – o PMK dos EUA.

Se nada mais fosse acrescentado, os resultados apresentados no Gráfico 1 seriam um indicativo contra os argumentos que defendem uma equivalência da produtividade marginal do capital *cross-country*. Teorias alternativas, em especial aquelas relativas a barreiras no fluxo internacional de capital, ganhariam força, dado que os investidores não estariam aproveitando boas oportunidades de rentabilidade no comércio internacional, resultando em alocação ineficiente de recursos.

Caselli e Feyrer (2007) propõem, como já dito anteriormente, duas correções na eq. [2]. Primeiramente, o parâmetro  $\alpha$  deve ser corrigido para refletir somente a parte do capital que os autores chamam de “capital reprodutível”: máquinas, equipamentos, estruturas físicas das fábricas, etc. A participação do capital dada pelo parâmetro  $\alpha$  inclui, na sua construção, a renda auferida por fatores de terra, recursos naturais e outros (doravante “capital natural”).<sup>56</sup> Em paralelo, na maioria dos trabalhos empíricos, o estoque de capital é estimado a partir de uma taxa geométrica de depreciação através do *perpetual inventory method*.<sup>57</sup> Este método é uma medida que recupera o estoque de capital reprodutível – a partir das taxas de investimento e depreciação – e não o estoque de capital total. A eq. [2], portanto, tende a superestimar a participação do capital na renda ao passo que subestima o estoque de capital e, conseqüentemente, também superestima as estimativas de PMK. Essa estimativa exagerada será tanto maior quanto maior for a participação do capital natural no capital total. Caselli e Feyrer (2007) concluem de forma intuitiva que a produtividade marginal calculada pela eq. [2] tende a ser superestimada com maior gravidade nos países subdesenvolvidos: sabe-se que a estrutura da produção dos países pobres é mais intensiva em recursos naturais em detrimento de bens de capital como máquinas, equipamentos, etc. As estimativas do Banco Mundial (2006), por exemplo, indicam que, em 2000, a participação do capital natural na riqueza total, dos países renda baixa, média e alta (OCDE) correspondia, respectivamente, a 26%, 13% e 2%. A soma de capital reprodutível e de capital intangível, por outro lado, acumulava 75%, 87% e 98%.<sup>58</sup>

<sup>56</sup> Caselli e Feyrer (2007) dividem o capital total nas seguintes categorias: (i) recursos de subsolo; (ii) madeira; (iii) outras florestas; (iv) *cropland*; (v) pastos; (vi) áreas protegidas; (vii) terra urbana; (viii) capital reprodutível. A soma dos itens (i) ao (vii) será definida como “capital natural”.

<sup>57</sup> Ver Gomes *et alii* (2003).

<sup>58</sup> Excluindo os países exportadores de petróleo.

A primeira correção, então, substituir na eq. [2] o percentual da renda auferida pelo capital total na renda total ( $\alpha$ ) por um parâmetro que mede a renda auferida somente pelo capital reprodutível na renda total –  $\alpha_k$ . O Gráfico 2 mostra a correlação entre os parâmetros  $\alpha$  e  $\alpha_k$  e PIB *per capita*, para a amostra de Caselli e Feyrer (2007). A participação do capital na renda, surpreendentemente, é negativamente correlacionada com o PIB *per capita*. O resultado oposto é encontrado na correlação do capital reprodutível. Apesar dos países subdesenvolvidos, em média, terem uma alta proporção da renda auferida pelo fator capital, isto se deve à grande quantidade de capital natural. Os países desenvolvidos, por outro lado, tem uma proporção maior de capital reprodutível na renda. Como exemplo, o país mais pobre da amostra, Burundi, com PIB *per capita* de US\$ 1.226, possui uma participação do capital total no PIB de 25%; o capital reprodutível, no entanto, corresponde somente por 3% da renda nacional. Em contraposição, os Estados Unidos, com PIB *per capita* US\$ 57.259, tem participação do capital na renda de 26%; a parte da renda devida ao capital reprodutível é 18%.

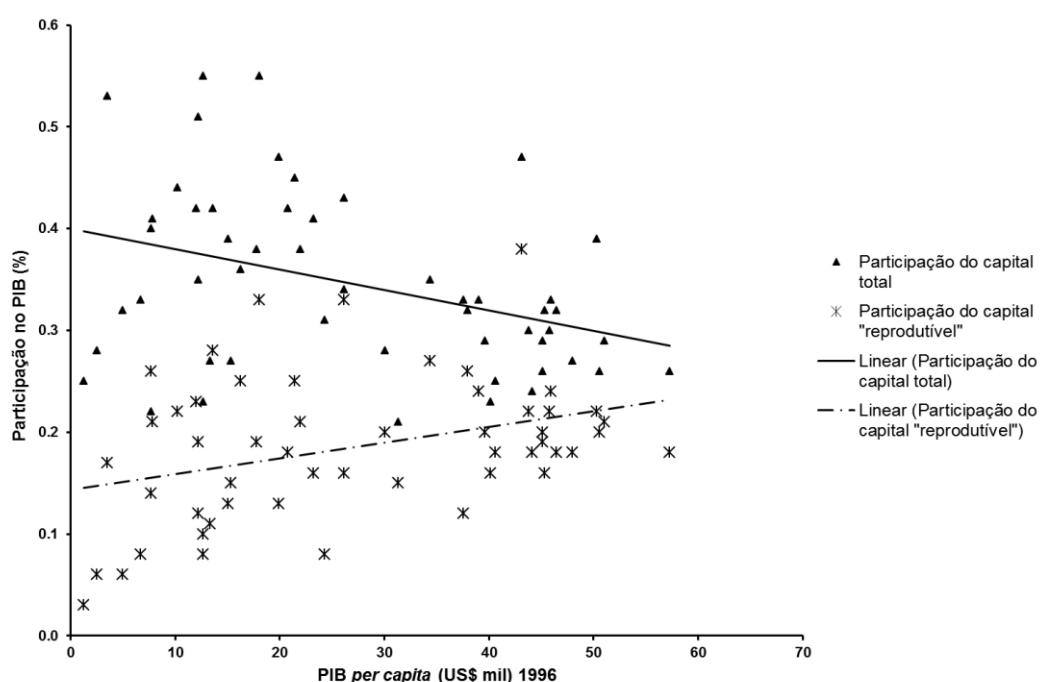


GRÁFICO 2 – CORRELAÇÕES: TIPOS DE CAPITAL E PIB *PER CAPITA*

Fonte: Caselli e Feyrer (2007)

Nota (1): Hong Kong foi retirado da amostra pela ausência dados para o parâmetro  $\alpha_k$

Nota (2):  $\alpha$ : participação do capital total no PIB;  $\alpha_k$ : participação do capital reprodutível no PIB

O fluxo de capital internacional nada mais é do que a decisão de alocação de recursos dos agentes, visando o maior retorno possível, dado o risco. Essa decisão é feita através do cálculo do custo e benefício do investimento, ou seja, o investidor compara a relação entre o valor do capital investido e o valor do produto gerado: *"In other words, the physical MPK [PMK] measures output per unit of physical capital invested, while for the*

*purposes of cross-country credit flows one wants to look at output per unit of output invested.*<sup>59</sup> É necessário, portanto, uma segunda correção: o PMK deve ser corrigido também por uma razão de preços, dada pela divisão entre o índice de preços de bens finais e do índice de preços de bens de capital. O Gráfico 3 apresenta a correlação entre a razão de preços ( $P_y/P_k$ ) e o PIB *per capita* na amostra de Caselli e Feyrer (2007).

A relação de preços, assim como o parâmetro  $\alpha_k$ , mostra-se favorável aos países ricos; evidência encontrada também por Hsieh e Klenow (2007). A correção aumenta ainda mais produtividade do capital dos países ricos relativamente aos países pobres. Os países com piores preços relativos são Burundi e Congo, cujas razões representam apenas 26% e 20% da razão de preços dos EUA. Suíça e Canadá mostraram as razões de preços mais favoráveis: 111% e 109%, respectivamente. Dos 53 países, apenas 21 tem preços relativos favoráveis, i.e., maior que a razão de preços dos EUA.

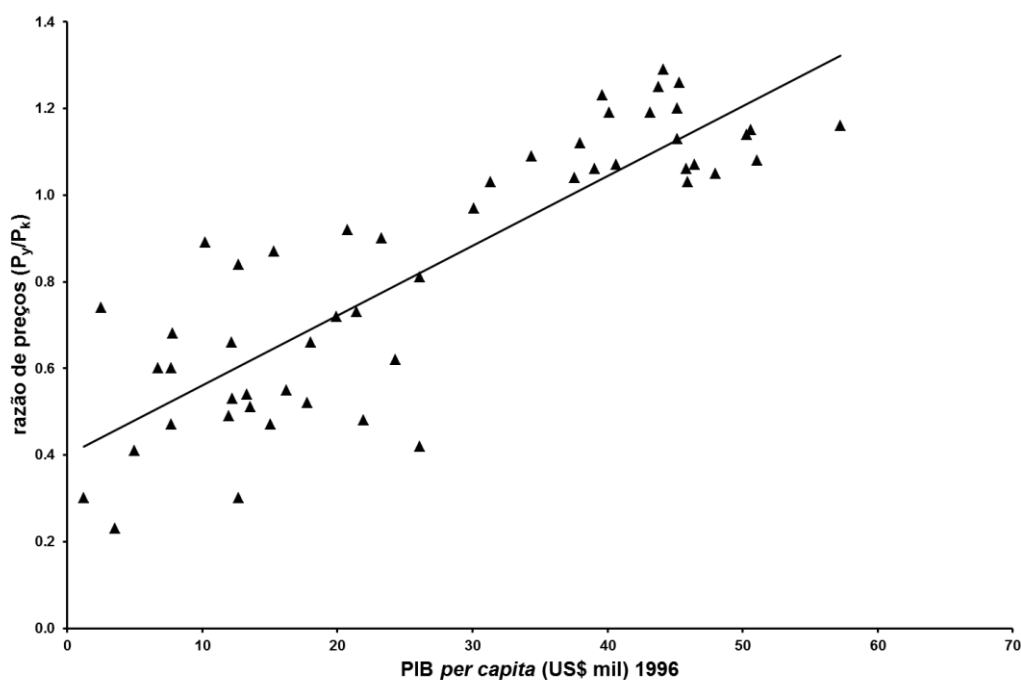


GRÁFICO 3 – CORRELAÇÃO: RAZÃO DE PREÇOS E PIB *PER CAPITA*

Fonte: Caselli e Feyrer (2007)

Nota: Hong Kong foi retirado da amostra pela ausência dados para o parâmetro  $\alpha_k$

A correção do produto marginal do capital pelos dois componentes propostos por Caselli e Feyrer (2007) altera a estimativa do produto marginal do capital para o formato da eq. [3], cujos determinantes são: (i) produto; (ii) estoque de capital; (iii) participação do capital reproduzível na renda; (iv) relação de preços:

<sup>59</sup> CASELLI E FEYRER (2007, p. 538).

$$PMKC = \alpha_k \frac{P_y}{P_k} \frac{Y}{K} \quad [3]$$

O Gráfico 4 mostra a correlação entre PMKC e PIB *per capita* (análogo ao Gráfico 1). O eixo vertical mede a razão do PMK corrigido em termos do valor dos EUA (RPMKC). A correção imposta por  $\alpha_k$  e  $P_y/P_k$  altera consideravelmente os resultados, invertendo o sinal da correlação entre a produtividade do capital e o produto *per capita*. Se antes a magnitude da correlação entre RPMK e PIB era bastante alta (-0,70), o coeficiente de correlação do RPMKC é bem mais atenuado e com sinal positivo (0,37).

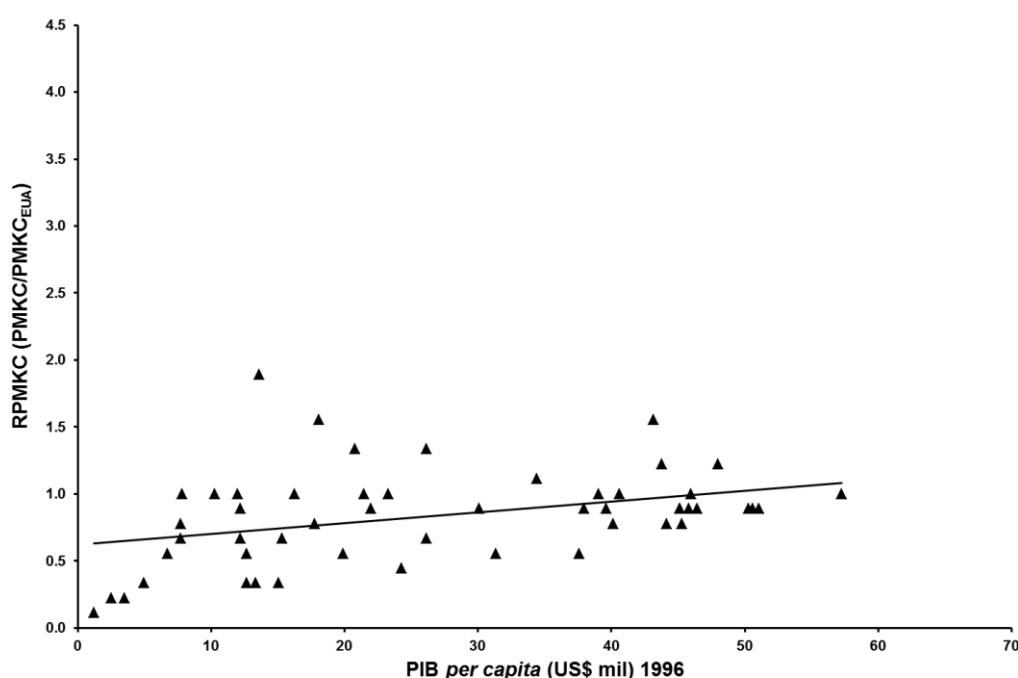


GRÁFICO 4 – CORRELAÇÃO: RPMKC E PIB *PER CAPITA*

Fonte: Caselli e Feyrer (2007)

Nota: Hong Kong foi retirado da amostra pela ausência dados para o parâmetro  $\alpha_k$

A tabela 1 mostra um resumo de estatísticas descritivas acerca da produtividade marginal relativas aos EUA (RPMK e RPMKC), calculadas pelos dois métodos (equações (2) e (3)). A produtividade relativa (corrigida) tem média menor que 1 (um), i.e., os países têm, em média, uma produtividade menor do que país de referência. A dispersão cai bastante (em mais de 50%); o mesmo acontecendo com a amplitude dos valores: o maiores RPMK e RPMKC pertencem a El Salvador, mas se antes o primeiro era 400% do valor dos EUA, o segundo é de apenas 189%; no extremo oposto, os menores RPMK e RPMKC pertencem à Grécia e Burundi, respectivamente, com valores da ordem de 58% e 11% do valor americano. Dos 41 países com produtividade igual ou superior à produtividade norte-

americana segundo o RPMK, restaram apenas 17 pelo método RPMKC. Com  $RPMK < 1$  somam-se 10 países; com  $RPMKC < 1$ , 34.

TABELA 13 – ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS, RPMK E RPMKC (PAÍSES)

	corr PIB	média	dp	mín	máx	< EUA
RPMK	-0.70	1.68	0.88	4.08	0.58	10
RPMKC	0.38	0.80	0.35	1.89	0.11	34

Fonte: Caselli e Feyrer (2007).

Nota: (1) corr PIB: correlação entre o PMK (ou PMKC) e o PIB *per capita*; (2) dp: desvio-padrão; (3) mín: valor mínimo; (4) máx: valor máximo (5) < EUA: número de países com valores (PMK ou PMKC) inferiores aos dos Estados Unidos. As observações de Hong Kong foram descartadas, não se pode construir estimativas de RPMKC para o país porque não existe o dado do capital reprodutível.

O cálculo do RPMK coloca os países com baixa produtividade marginal do capital relativa como um grupo homogêneo, composto basicamente de países com alta renda *per capita* (dada a correlação negativa entre PMK e PIB *per capita*). Após a correção, essa regularidade desaparece: o grupo de países com baixa produtividade marginal do capital relativa, mais da metade da amostra, é composto de países desenvolvidos e subdesenvolvidos. Mais ainda, os piores PMK's são de países pobres, inclusive, com valores relativos ao dos EUA muito inferiores: na estimação do RPMK (da eq. [2]), a menor produtividade relativa era de 58%; o menor PMKC relativo atinge 11% da estimativa PMKC dos EUA. Existem vários países com RPMKC abaixo de 50%.<sup>60</sup>

### 3.2 ESTADOS BRASILEIROS

O método de análise de Caselli e Feyrer (2007) pode ser estendido para uma comparação entre os estados da federação. Existem dados suficientes para traçar a trajetória do produto marginal do capital, com dados dos censos disponíveis para os anos de 1980, 1991 e 2000. Pela eq. [2], já foi visto que apenas as variáveis de produto, de estoque de capital e o parâmetro  $\alpha$  são necessárias para o cálculo do PMK na sua versão mais simples.

O Ipeadata possui os dados de PIB, mas não do estoque de capital. Mas está disponível a *proxy* “capital residencial urbano” – já utilizada no primeiro artigo da

<sup>60</sup> Os 8 RPMKC's mais baixos são: Trindade e Tobago (44%); Costa do Marfim (33%); Equador (33%); Argélia (33%); Costa Rica (33%); Congo (22%); Zâmbia (22%) e Burundi (11%).

dissertação. Em nível nacional, a série de capital residencial urbano possui uma alta correlação com o estoque de capital derivado das contas nacionais.<sup>61</sup>

Finalmente, a estimação do PMK requer uma estimativa do valor  $\alpha$  para cada unidade federativa – contudo, não existem estimativas oficiais nem estimações desse parâmetro em trabalhos empíricos. Vários trabalhos supõe que a participação do capital é a mesma para todos os países.<sup>62</sup> Na economia brasileira em particular, a literatura assume um valor de  $\alpha$  em torno de 0,4; apesar do valor derivado das contas nacionais estar próximo de 0,6. O valor  $\alpha = 0,6$  é descartado por Gomes *et al.* (2003) porquanto a metodologia das contas nacionais do IBGE inclui como “rendimentos de capital” atividades de trabalhadores anônimos e informais; além de todos os ganhos dos empresários. Coelho e Figueiredo (2007) e Pereira *et al.* (2010), por exemplo, também trabalham com  $\alpha = 0,4$ . Vale destacar que a suposição do valor constante torna irrelevante o valor de  $\alpha$  adotado, na comparação entre os estados brasileiros. Como será visto adiante, a comparação dos PMK's entre estados será feita pela divisão do produto marginal do capital de cada estado pelo valor do PMK do estado de São Paulo (estado base).<sup>63</sup> Este método cancela o valor do alfa, já que ele é o mesmo tanto no numerador quanto no denominador da divisão que estima o valor do RPMK estadual.<sup>64</sup>

A necessidade de dados, para cada estado, da razão de preços ( $P_y/P_k$ ) e do parâmetro  $\alpha_k$  dificulta bastante o cálculo do produto marginal corrigido (nos moldes das estimativas de Caselli e Feyrer (2007)). Este problema pode ser contornado com algumas simplificações. Se a razão de preços não foi muito diferente de 1 (um) entre os estados, então o cálculo do PMK relativo corrigido pela razão de preços não será não será muito diferente do PMK tradicional. Esta suposição implica que os preços relativos do estado do Paraná, por exemplo, não diferem muito dos preços relativos em São Paulo. Tal hipótese talvez possa ser sustentada com base na ideia de que as unidades federativas estão inseridas na mesma macroeconomia, menos suscetíveis às fricções encontradas em análises *cross-countries*. Portanto, seria razoável assumir que que diferenças de lucratividade do capital não podem estar muito distantes uma das outras entre os estados brasileiros.

Diferentemente, parece não ser razoável assumir que o capital reprodutível possui a mesma participação na renda em todos os estados. Sabe-se que os estados estão em

<sup>61</sup> O estoque de capital nacional foi estimado a partir das contas nacionais do IBGE por Morandi *et alii* (2004). Ver a seção “metodologia” do primeiro. A Tabela 1 mostra que, em nível nacional, o capital residencial urbano possui um coeficiente de correlação com a série “máquinas e equipamentos” de 0,85; e com a série “capital não-residencial” de 0,97.

<sup>62</sup> E.g., Solow (1957), Lucas (1990) e Hall e Jones (1999).

<sup>63</sup> A escolha de São Paulo como referencial é natural: sendo a maior economia do país, São Paulo tem desempenhado um papel de liderança.

<sup>64</sup> Logo adiante serão explicitadas as fórmulas de cálculo das razões do PMK.



níveis distintos de desenvolvimento; além de não terem as mesmas dotações naturais. Em 2004, por exemplo, o estado mais pobre da federação, Piauí, apresentava um produto *per capita* equivalente a 17% do PIB *per capita* do Distrito Federal e 20% de São Paulo. A estratégia adotada para corrigir o PMK foi a seguinte. Da literatura internacional sabe-se que os países com maior participação do capital reproduzível são, em geral, países com alta densidade industrial ao mesmo tempo em que possuem alto PIB *per capita*. A participação da indústria da transformação no PIB estadual pode servir como um fator de correção que servirá como *proxy* do parâmetro  $\alpha_k$ ; contruído de acordo com a eq. [4]:

$$\lambda_i = \frac{PIBind_i / PIB_i}{PIBind_{SP} / PIB_{SP}} \quad (4)$$

O fator de correção ( $\lambda$ ) que será aplicado aos PMK's dos estado é dado pela razão entre a participação da indústria no estado  $i$  e a participação da indústria no estado base, São Paulo. O Gráfico 5 mostra a relação entre  $\lambda$  e o PIB *per capita* para o ano de 2000. O coeficiente de correlação entre as variáveis é 0,29. As correlações são similares para os anos de 1980 e 1991.<sup>65</sup>

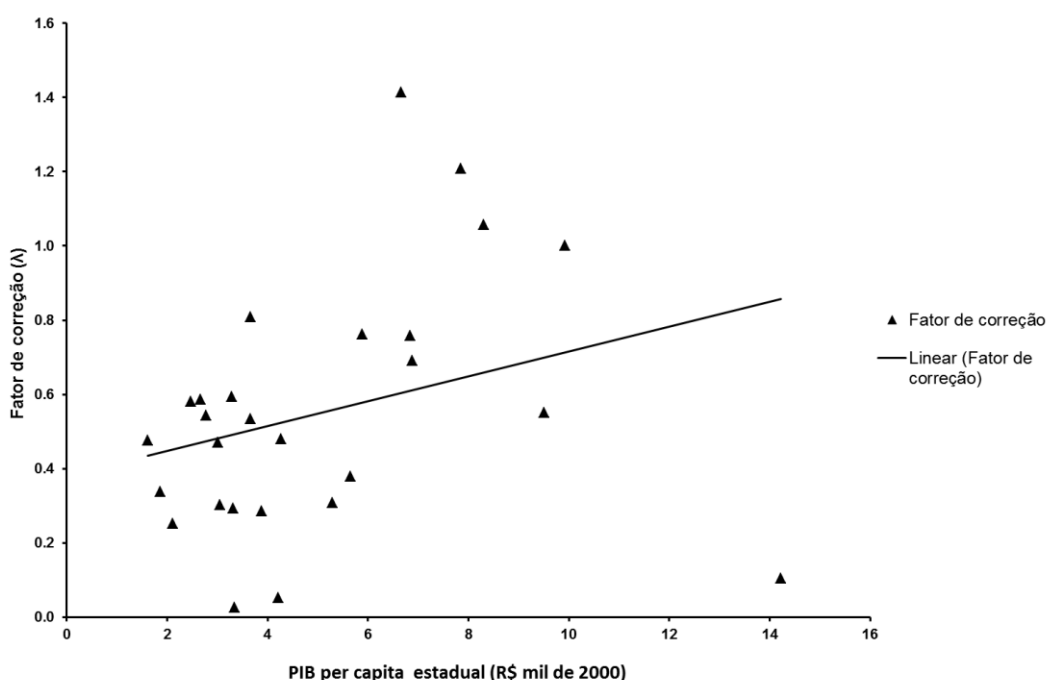


GRÁFICO 5 – CORRELAÇÃO: FATOR DE CORREÇÃO E PIB *PER CAPITA*

Fonte: Construção do autor com dados do Ipeadata

Utilizando São Paulo como base também no cálculo dos razões do PMK, pode-se calcular os RPMK's e RPMKC's dos estados brasileiros. A eq. [5] mostra a razão do produto

<sup>65</sup> O coeficiente de correlação para os anos de 1980 e 1991 foram 0,30 e 0,35, respectivamente.

marginal do capital dos estados em relação ao estado de referência. Na prática ela é definida pela divisão do inverso da razão capital-produto do estado  $i$  pelo inverso da razão capital-produto de São Paulo – os parâmetros de participação do capital na renda se cancelam (supostos constantes, multiplicariam tanto o numerador quanto o denominador pelo mesmo fator). O RPMKC é calculado na eq. [6], e difere do RPMK somente pela adição do fator de correção  $\lambda$ . Ao pressupor que  $P_y/P_k = 1$ , RPMKC corrige somente pela diferença de capital reprodutível entre os estados.

$$RPMK_i = \frac{[Y_i/K_i]}{[Y_{SP}/K_{SP}]} \quad [5]$$

$$RPMKC_i = \frac{\lambda_i[Y_i/K_i]}{[Y_{SP}/K_{SP}]} \quad [6]$$

O Gráfico 6 mostra as razões RPMK e RPMKC para o ano de 2000. O índice de correlação entre RPMK e RPMKC e produto *per capita* indica que a associação com o PIB é positiva em ambos os métodos de cálculo da produtividade relativa. O fator de correção (eq. [5]) torna a associação entre produtividade marginal do capital e produto ainda mais forte. O coeficiente de correlação entre o PIB *per capita* e o RPMK é de 0,14; o valor aumenta para 0,24 na correlação do primeiro com o RPMKC.<sup>66</sup>

A Tabela 2 apresenta a evolução do RPMK e RPMKC para os anos de 1980, 1991 e 2000.<sup>67</sup> Em 1980, o produto marginal do capital era negativamente correlacionado com a renda *per capita*, da mesma forma que a amostra de países de Caselli e Feyrer (2007). Em algum ponto no período 1980-1991, essa correlação se tornou positiva e persistiu aumentando. Em média, as unidades federativas apresentaram PMK maior que de São Paulo, se bem que em apenas 6% no último ano. A convergência não se verifica, já que a queda da produtividade média, se aproximando do valor de São Paulo ( $RPMKC = 1$ ), não foi acompanhada por uma redução no desvio-padrão: houve razoável aumento em 1991; em 2000 o valor era o mesmo do ano inicial.

<sup>66</sup> Pela eq. [4], ao se aplicar o fator de correção à participação do capital total na renda ( $\alpha$ ), os estados que têm  $\lambda > 1$  terão um alfa corrigido maior que 0,4. Isto não pode ser verdade, de acordo com a definição de  $\alpha_k$ , i.e., a parcela de capital reprodutível na renda deve ser menor do que a parcela do capital total. No entanto, a comparação entre os estados é feita a partir de produtividades marginais relativas ao estado de referência (São Paulo): a preocupação não é o valor absoluto do PMK ou PMKC; o importante é o valor relativo. O pressuposto importante é da existência de uma forte correlação entre a proporção do capital reprodutível na renda (valor desconhecido) e o fator de correção dado na eq. [4]. O mesmo se aplica ao capital físico: a *proxy* “capital residencial urbano” pode ser viesada; mas ela deve ser correlacionada com o capital físico *de facto*.

<sup>67</sup> O dado mais antigo do PIB estadual da indústria da transformação se refere ao ano de 1985. No cálculo do PMKC de 1980, foi utilizado o dado da participação da indústria da transformação no PIB estadual daquele ano. O Tocantins não possui o dado mesmo para 1985. As estatísticas da Tabela 2 para o RPMKC em 1980 são, portanto, para 25 estados e o Distrito Federal.

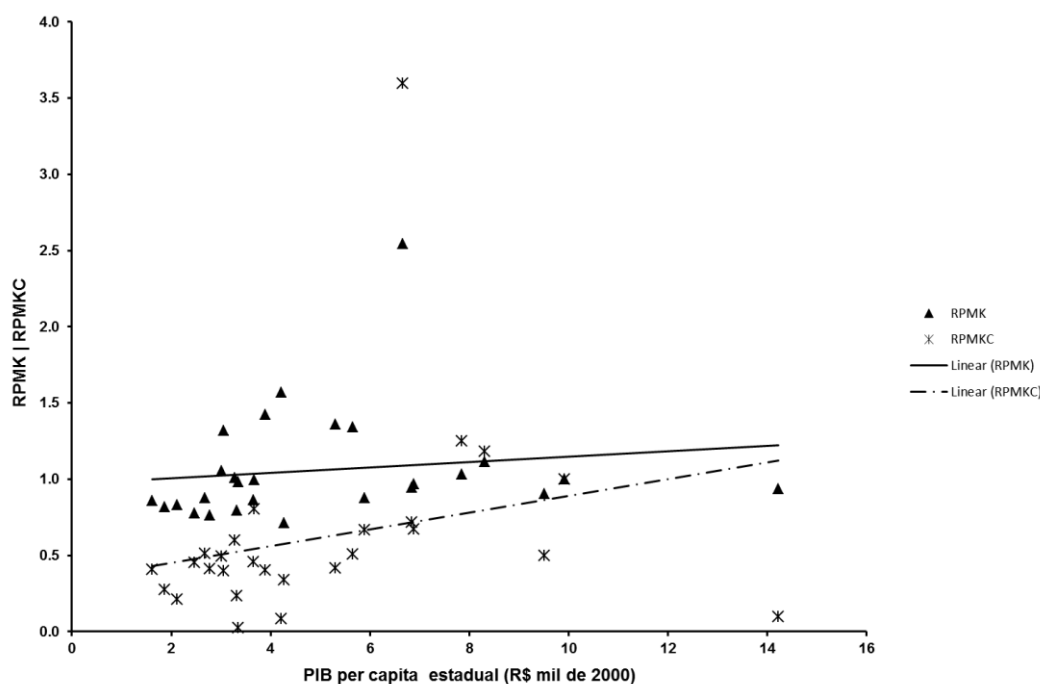


GRÁFICO 6 – PRODUTOS MARGINAIS DOS ESTADOS BRASILEIROS

Fonte: Construção com dados do Ipeadata

TABELA 14 – RPMK E RPMKC: 1980, 1991 E 2000

	1980	1991	2000
<b>RPMK</b>			
Corr PIB	-0.03	0.07	0.14
Média	1.18	1.29	1.06
dp	0.37	0.44	0.37
Mínimo	0.68	0.82	0.71
Máximo	2.08	2.82	2.54
RPMK < RPMK <sub>SP</sub>	11	9	16
<b>RPMKC</b>			
Corr PIB	0.28	0.29	0.24
Média	0.50	0.64	0.62
dp	0.36	0.61	0.67
Mínimo	0.07	0.09	0.03
Máximo	1.64	3.19	3.60
RPMKC < RPMKC <sub>SP</sub>	23	22	23

Nota: (1) corr PIB: correlação entre o RPMK (ou RPMKC) e o PIB *per capita*; (2) dp: desvio-padrão; (3) min: valor mínimo; (4) máx: valor máximo (5) RPMK < RPMK<sub>SP</sub>.: número de estados com PMK (PMKC) menor que São Paulo.

Como o fator de correção tem uma associação positiva com o produto *per capita* estadual, sua inclusão nas estimativas de produtividade marginal do capital reforça a tendência já verificada anteriormente, i.e., faz com que a associação entre PMK e PIB *per capita* seja ainda mais positiva. Ao contrário do RPMK, o RPMKC é positivamente

correlacionado com o produto *per capita* já em 1980. Em todos os 3 anos censitários a correlação é maior do que a verificada com o RPMK.

A média do PMKC é inferior ao valor dessa variável para o estado de São Paulo. Entre 1980 e 1991, a produtividade marginal do capital corrigida dos estados se aproximou, em média, do valor paulista. Entre 1991 e 2000, a distância permaneceu quase a mesma. No mesmo período, a variabilidade em torno da média aumenta cerca de 83%; maior parte do qual se dá no primeiro intervalo. Adicionalmente, nota-se que a maioria dos estados permanece com produtividade marginal inferior ao estado paulista. No último ano, por exemplo, o número de estados com RPMKC inferior à unidade alcança a 23.<sup>68</sup>

A análise dos dados também mostra que nenhum dos estados com baixo PIB *per capita* consegue alcançar o estado paulista em produtividade marginal do capital. Dos 11 estados com piores PMK's, apenas um deles não é um estado com PIB *per capita* inferior a 50% do valor da variável para o estado de São Paulo – contrastando com os três estados com produtividade marginal do capital superior à paulista, que tinham PIB *per capita* relativo de 84%, 79% e 67%. Os resultados apresentados nesta seção mostram que o produto marginal do capital, principal determinante na alocação dos recursos produtivos entre os estados brasileiros, mostra correlação positiva com o nível de desenvolvimento estadual. Esta evidência, pelo menos em 1991 e 2000, se verificou mesmo antes da correção pelo fator de correção ( $\lambda$ ), que apenas torna a correlação mais forte. Caseli e Feyrer (2007) afirmam que as evidências do fluxo internacional de capital mostram fraca migração de capital na direção dos países pobres se devem ao fato da fraca dotações de fatores e das desfavoráveis relações de preços e proporção do capital reprodutível no capital total. De fato, o fator de correção do capital reprodutível favorece os estados com maior PIB *per capita*; mas as dotações de fatores complementares parecem ser suficientes para tornar o capital físico bastante produtivo nos estados mais ricos.

Do ponto de vista quantitativo os dados apresentados na seção 3.1 indicam que a correlação entre produtividade marginal do capital e produto *per capita* é maior entre os países do que entre os estados brasileiros – após a correção pelos parâmetros  $P_y/P_k$  e  $\alpha_k$ . As evidências parecem confirmar, entre os estados brasileiros, a hipótese das dotações de Lucas (1990), pois não foi necessário corrigir o PMK (pelo menos nos anos de 1991 e 2000) para desfazer uma possível correlação negativa entre produtividade marginal do capital e o PIB *per capita*. No único ano em que essa correlação mostrou-se negativa, 1980, a correção do fator de correção do capital reprodutível foi mais que suficiente para inverter o sinal da correlação.

---

<sup>68</sup> Somente Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Amazonas possuem PMKC maior que São Paulo.

Internamente, entre os estados brasileiros, parece ser ainda menos provável a verificação de grandes fluxos de capitais saindo dos estados mais desenvolvidos (centro-sul) em direção aos estados mais pobres (norte-nordeste). Ainda mais importante, os fluxos de capitais provenientes de outros países na forma de investimento estrangeiro direto terão como destino, na sua maior parte, os estados mais desenvolvidos, caso sejam direcionados de acordo com seu retorno.

Finalmente, é importante salientar algumas dificuldades no cálculo das estimativas do PMK realizados acima. De fato, a *proxy* utilizada não se refere exatamente ao capital físico produtivo dos estados. A expectativa é que a correlação entre as duas séries, do capital residencial urbano e do capital reprodutível (desconhecida), seja elevada. Seria um problema potencial, por exemplo, se o capital residencial for mais importante na composição do capital total dos estados mais pobres, ou seja, se a proporção da *proxy* utilizada compor um percentual maior do estoque de capital total nesses estados. As estimativas acima teriam uma tendência de superestimar o PMK e PMKC dos estados ricos relativamente aos pobres.

Portanto, a obtenção de dados estaduais para os estoques de capital pode alterar os resultados da Tabela 2 proporcionalmente ao erro de medida da *proxy* empregada. Dada a correlação positiva entre RPMKC e produto *per capita*, se o capital residencial urbano de fato subestima o capital total dos estados ricos, os resultados da Tabela 2 poderiam mostrar uma relação negativa entre PMK (não-corrigido) e PIB *per capita*, por exemplo. Se a subestimação do capital físico total for alta o suficiente, a substituição da capital residencial por outra *proxy* mais confiável poderia, inclusive, alterar os sinais das correlações entre produto *per capita* e PMKC – desqualificando as conclusões acima.

Outro ponto importante é que os resultados também dependem da plausibilidade da suposição da razão de preços ( $P_y/P_k = 1$  em todos os estados) e da eficácia da *proxy* utilizada como correção do capital reprodutível ( $\lambda$ ): se existir um diferencial na razão  $P_y/P_k$ , e supondo que ele acompanhe a tendência encontrada em Hsieh e Klenow (2007) e Caselli e Feyrer (2007), sua inclusão nas estimativas elevaria ainda mais as produtividades dos estados ricos em relação aos pobres; uma estimativa mais efetiva do parâmetro  $\lambda$  pode influir sobre as correlações de igual modo.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos resultados apresentados anteriormente, identificou-se a evolução do produto marginal do capital (PMK) nos estados brasileiros. A estimativa não partiu de uma forma funcional da função de produção (e identificação dos fatores de produção). A imposição foi de que a função de produção seja homogênea de grau um. Com isso, o cálculo do PMK se faz apenas com dados de PIB, de estoque de capital e da participação deste na renda total.

Os dados internacionais apresentados mostraram uma correlação levemente positiva entre o nível de desenvolvimento e produto marginal do capital, este último com baixo desvio-padrão. Caselli e Feyrer (2007) concluem que não existe, empiricamente, razão para o aparecimento de forte fluxo de capital em direção aos países pobres. Este resultado foi derivado da complementariedade da hipótese das dotações de Lucas (1990) com correções que reflitam a real participação do capital reproduzível na renda dos países; assim como da razão de preços entre os bens finais e de bens de capital (custo do capital).

O método foi utilizado para o cálculo dos PMK's dos estados brasileiros. A correlação entre PMK e PIB *per capita* se mostra negativa apenas em 1980. Nos anos de 1991 e 2000 a associação é positiva mesmo sem as correções. Apesar das médias do RPMK se aproximarem de 1 no período estudado, esta convergência para o nível de produtividade do capital do estado de São Paulo se concentrou na primeira década. Ademais, as estimativas de desvios-padrão permanecem elevadas e sem sinais de redução.

Nas estimativas seguintes, foi suposto que os estados brasileiros enfrentam a mesma razão de preços relativos. Como *proxy* da participação do capital reproduzível, foi utilizado um coeficiente de correção ( $\lambda$ ), medido pela razão entre a participação da indústria no PIB de cada estado em relação a participação da indústria no PIB do estado de referência (São Paulo). Ao se multiplicar o PMK estadual tradicional por este fator, obtém-se uma medida dessa variável corrigida, sendo ela mais precisa ao levar em conta a participação do capital reproduzível na renda.

Os resultados da Tabela 2 mostram que a produtividade marginal do capital apresenta associação levemente positiva com o produto *per capita* dos estados; mesmo sem a correção pelo fator  $\lambda$ . Nesse ponto, os resultados estaduais são diferentes dos resultados internacionais de Caselli e Feyrer (2007), onde a medida mais tradicional do PMK era negativamente associada com a renda *per capita* dos países. O fator de correção eleva as correlações entre as estimativas dos PMK's estaduais e do PIB *per capita*, mas a associação dessas variáveis é mais forte na amostra internacional. O desvio-padrão, por outro lado, é maior na amostra dos PMK's estaduais.

Do mesmo modo que nas estimativas internacionais da seção 3.1, não existe razão aparente para uma realocação de recursos entre os estados brasileiros, que

represente uma saída líquida de capital dos estados ricos em direção aos pobres. Os fatores complementares fazem com que o capital físico seja, no mínimo, tão produtivo nos estados ricos como nos estados mais pobres. Se existe algum incentivo realocativo, que aumente a eficiência, seria no sentido da saída líquida de capital das unidades federativas do norte-nordeste em direção ao centro-sul. É preciso cautela, portanto, nas políticas públicas que visem o aumento do estoque de capital dos estados mais pobres – elas podem ser acompanhadas por tendência de aumentos adicionais na diferença dos PMK's estaduais; resultando em saída de fundos privados em busca de retornos mais atraentes.

## REFERÊNCIAS

- ACEMOGLU, D., JOHNSON, S., ROBINSON, J. The Colonial Origins of Comparative Development: An Empirical Investigation. *The American Economic Review*. v. 91, n. 5, p. 1369-1401, 2001.
- ACEMOGLU, D., JOHNSON, S., ROBINSON, J. The Rise of Europe: Atlantic Trade, Institutional Change, and Economic Growth. *The American Economic Review*. v. 95, n. 3, p. 546-579, 2005.
- BANCO MUNDIAL. *Where is the Wealth of Nations?* Washington: The World Bank, 2006.
- BANERJEE, A., DUFLO, E. Growth Theory through the Lens of Development Economics. In: AGHION, P., DURLAUF, S. *Handbook of Economic Growth*. Amsterdam: North-Holland Press, 2005. p. 73–552.
- BARRO, R. Economic Growth in a Cross Section of Countries. *The Quarterly Journal of Economics*, v. 106, n. 2, p. 407-443, 1991.
- BENHABIB, J., SPIEGEL, M. The Role of Human Capital in Economic Development: Evidence from aggregate Cross-Country Data. *Journal of Monetary Economics*, v. 34, p. 143-173, 1994.
- CASELLI, F., FEYRER, J. The Marginal Product of Capital. *The Quarterly Journal of Economics*. v. 122, n. 535-565, 2007.
- DEAN, W. *A Industrialização de São Paulo*. 4ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1991.
- GOMES, V., PESSÔA, S., VELOSO, F. Evolução da Produtividade Total dos Fatores na Economia Brasileira: Uma Análise Comparativa. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, v. 33, n. 3, p. 389-434, 2003.
- HALL, R., JONES, C. Why Do Some Countries Produce so Much More Output Per Worker Than Others? *The Quarterly Journal of Economics*, v. 114, n. 1, p. 83-116, 1999.
- HSIEH, C-T., KLENOW, P. Prices and Relative Prosperity. *The American Economic Review*, v. 97, n. 3, p. 652-585, 2007.
- LUCAS, R. On the Mechanics of Economic Development. *Journal of Monetary Economics*, v. 22, p 3-42, 1988.
- \_\_\_\_\_. Why Doesn't Capital Flow from Rich to Poor Countries? *The American Economic Review*, v. 80, n. 2, p. 92-96, 1990.
- MANKIW, N., ROMER, D., WEIL, D. A Contribution to the Empirics of Economic Growth. *The Quarterly Journal of Economics*. v.107, n. 2, p.407-437, 1992.
- NAKABASHI, L., FIGUEIREDO, L. Mensurando os Impactos Diretos e Indiretos do capital humano sobre o Crescimento. *Economia Aplicada*, v. 12, n. 1, p. 151-171, 2008.
- NELSON, R., PHELPS, E. Investment in Humans, Technological Diffusion, and Economic Growth. *The American Economic Review*, v. 56, n. 1, p. 69-75, 1966.
- NORTH, D. Institutions. *The Journal of Economic Perspectives*. v. 5, n. 1, p. 97-112, 1991.
- PRITCHETT, L. Divergence, Big Time. *The Journal of Economic Perspectives*. v. 11, n. 3, p. 3-17, 1997.
- ROMER, P. Increasing Returns and Long-Run Growth. *Journal of Political Economy*. v. 94, n. 5, p. 1002-1037, 1986.
- \_\_\_\_\_. Human Capital and Growth. *NBER working paper*, n. 3173, 1989.
- \_\_\_\_\_. Endogenous Technological Change. *Journal of Political Economy*. n. 98, n. 5, p. S71-S102.



- SIMONSEN, R. Evolução Industrial do Brasil. In: SIMONSEN, R. *Evolução Industrial do Brasil e Outros Estudos*. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1973. p. 5-52.
- \_\_\_\_\_. Aspectos da História Econômica do Café. In: SIMONSEN, R. *Evolução Industrial do Brasil e Outros Estudos*. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1973. p. 163-234.
- SOLOW, R. A Contribution to the Theory of Economic Growth. *Quarterly Journal of Economics*. v. 70, p. 65-94, 1956.
- \_\_\_\_\_. Technical Change and the Aggregate Production Function. *The Review of Economics and Statistics*. v. 39, p. 312-320, 1957.

## APÊNDICE

### DADOS ESTADUAIS

Estado	UF	y			k			$\lambda$			RPMK			RPMKC		
		1980	1991	2000	1980	1991	2000	1980	1991	2000	1980	1991	2000	1980	1991	2000
Acre	AC	2932	2900	3048	1346	1678	2409	0.19	0.26	0.30	1.63	1.49	1.32	0.30	0.39	0.40
Alagoas	AL	2537	2576	2471	1715	1953	3320	0.37	0.57	0.58	1.11	1.14	0.78	0.41	0.64	0.45
Amazonas	AM	5908	7205	6663	2414	2212	2730	0.89	1.13	1.41	1.83	2.82	2.54	1.64	3.19	3.60
Amapá	AP	3525	4958	4216	1685	2008	2801	0.07	0.09	0.05	1.57	2.14	1.57	0.11	0.18	0.08
Bahia	BA	3482	3378	3666	2460	2580	3834	0.52	0.58	0.81	1.06	1.13	1.00	0.56	0.65	0.81
Ceará	CE	2212	2630	2774	2066	2781	3794	0.45	0.53	0.54	0.80	0.82	0.76	0.36	0.43	0.41
Distrito Federal	DF	12877	13091	14224	9881	8973	15880	0.10	0.07	0.10	0.98	1.26	0.93	0.10	0.09	0.10
Espírito Santo	ES	5512	5792	6880	4093	4148	7404	0.54	0.70	0.69	1.01	1.21	0.97	0.54	0.85	0.67
Goiás	GO	4139	4263	4276	3398	3757	6276	0.29	0.42	0.48	0.91	0.98	0.71	0.26	0.41	0.34
Maranhão	MA	1605	1506	1616	784	759	1968	0.25	0.39	0.48	1.53	1.72	0.86	0.39	0.68	0.41
Minas Gerais	MG	5351	5543	5888	4524	4953	7017	0.60	0.67	0.76	0.89	0.97	0.87	0.53	0.65	0.67
Mato Grosso do Sul	MS	6055	5045	5656	2966	3357	4397	0.17	0.16	0.38	1.53	1.30	1.34	0.26	0.20	0.51
Mato Grosso	MT	4039	4003	5297	2191	2789	4065	0.20	0.27	0.31	1.38	1.24	1.36	0.28	0.33	0.42
Pará	PA	3464	3705	3007	1832	1804	2977	0.28	0.34	0.47	1.42	1.78	1.05	0.40	0.60	0.49
Paraíba	PB	1793	2426	2670	1962	2240	3181	0.37	0.42	0.59	0.68	0.94	0.88	0.25	0.39	0.51
Pernambuco	PE	3130	3721	3655	2799	3547	4427	0.51	0.59	0.53	0.84	0.91	0.86	0.43	0.54	0.46
Piauí	PI	1333	1614	1863	1230	1549	2380	0.29	0.34	0.34	0.81	0.90	0.82	0.23	0.31	0.28
Paraná	PR	5736	6410	6847	3294	4662	7545	0.59	0.87	0.76	1.30	1.19	0.95	0.77	1.03	0.72
Rio de Janeiro	RJ	9244	8816	9513	9665	8778	10976	0.44	0.51	0.55	0.72	0.87	0.90	0.31	0.44	0.50
Rio Grande do Norte	RN	2536	2958	3319	2309	2633	4357	0.33	0.33	0.29	0.82	0.97	0.79	0.28	0.32	0.23
Rondônia	RO	4173	3261	3888	1504	1767	2851	0.35	0.17	0.28	2.08	1.60	1.42	0.74	0.28	0.40

Roraima	RR	3975	3751	3347	2792	2263	3560	0.06	0.07	0.03	1.07	1.43	0.98	0.07	0.10	0.03
Rio Grande do Sul	RS	7751	7765	8302	4956	5541	7759	0.72	0.90	1.06	1.17	1.21	1.12	0.84	1.09	1.18
Santa Catarina	SC	6888	7010	7844	3513	4125	7915	0.83	1.03	1.21	1.47	1.47	1.03	1.22	1.52	1.25
Sergipe	SE	2592	3890	3283	2384	2732	3392	0.77	0.57	0.59	0.81	1.23	1.01	0.62	0.70	0.60
São Paulo	SP	11447	10164	9919	8573	8788	10341	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Tocantins	TO	1741	1801	2117	964	1333	2656	-	0.13	0.25	1.35	1.17	0.83	-	0.15	0.21

Nota:  $y$  – PIB *per capita* (R\$ de 2000);  $k$  – capital residencial urbano *per capita* (R\$ de 2000);  $\lambda$  – fator de correção do capital reprodutível (ver eq. [4]); RPMK – razão entre o produto marginal do capital do estado e o produto marginal do capital do estado de São Paulo; RPMKC – razão entre o produto marginal do capital corrigido estadual e o produto marginal do capital corrigido do estado de São Paulo.

